

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**FELIPE VANHONI JORGE**

**A DINÂMICA PLUVIAL DO CLIMA SUBTROPICAL: VARIABILIDADE E  
TENDÊNCIA NO SUL DO BRASIL**

**CURITIBA**

**2015**

FELIPE VANHONI JORGE

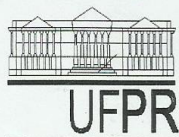
A DINÂMICA PLUVIAL DO CLIMA SUBTROPICAL: VARIABILIDADE E TENDÊNCIA  
NO SUL DO BRASIL

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação  
em Geografia, Setor de Ciências da Terra,  
Universidade Federal do Paraná, como requisito  
parcial à obtenção do grau de Doutor em Geografia.

Orientadores:  
Prof. Dr. Hugo Romero  
Prof. Dr. Francisco Mendonça

CURITIBA

2015



MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ  
SETOR CIÊNCIAS DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



## ATA DE DEFESA DE TESE

Aos dezesseis dias do mês de outubro do ano de dois mil e quinze, na sala 109, foi avaliada pela Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo relacionados, a Tese de Doutorado do aluno **FELIPE VANHONI JORGE** intitulada "**A DINÂMICA PLUVIAL DO CLIMA SUBTROPICAL: VARIABILIDADE E TENDÊNCIA NO SUL DO BRASIL**", que obteve como resultado final: APROVADO.

(RES. 65/09 CEPE Art. 69. Os examinadores avaliarão a dissertação ou a tese considerando o conteúdo, a forma, a redação, a apresentação e a defesa do trabalho, decidindo pela aprovação, ou reprovação do trabalho de conclusão do aluno.

Parágrafo único. A ata da sessão pública da defesa de dissertação ou tese indicará apenas a condição de aprovado ou reprovado.

**OBS: este documento tem a validade de 60 dias a contar desta data.**

Nome e assinatura da Banca Examinadora:

Prof. Dr. Hugo Romero – orientador

Prof. Dr. Francisco de Assis Mendonça – co-orientador

Prof. Dr. Victor da Assunção Borsato - UNESPAR

Profª. Drª. Maira Suertegaray Rossato - UFRGS

Prof. Dr. Cássio Arthur Wollmann - UFSM

Prof. Dr. Wilson Flávio Feltrim Roseghini - PPGGEO/UFPR

Dedico...

*Aos meus pais e irmãos.*

*Para minha esposa Fernanda e minha filha Elisa.*



## **AGRADECIMENTOS**

A Universidade Federal do Paraná, onde tive a oportunidade de fazer a graduação, o mestrado e o doutorado.

Ao professor Francisco Mendonça, pela oportunidade, orientação, amizade e ensinamentos ao longo da vida acadêmica.

Ao professor Hugo Romero pela orientação e disponibilidade.

Ao programa de Pós-Graduação em Geografia pela eficiência e orientação dos assuntos da secretaria acadêmica.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram e ajudaram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

O Brasil devido a sua grande extensão territorial possui diferentes regimes climáticos e apresenta condições bastante diversificadas e influenciadas pela sua configuração geográfica, sua significativa extensão costeira, seu relevo e pela dinâmica das massas de ar que atuam sobre seu território. Este trabalho tem como objetivo analisar a distribuição espaço-temporal da pluviosidade (diária, mensal, sazonal e anual) na área de estudo buscando evidenciar os padrões de distribuição e tendências a partir de sua gênese e dinâmica no período de 1977-2011. A área de estudo é a região de abrangência do Clima Subtropical do Brasil, que apresenta características meteorológicas e climáticas particulares. Foram analisadas 635 estações pluviométricas distribuídas nos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A pluviosidade média do total anual na região do Clima Subtropical para o período temporal selecionado ficou em 1690,8 mm. Na análise sazonal, a pluviosidade apresenta-se de forma onde não se verificam meses ou estação seca, e sim períodos de menor precipitação, sendo que a média no verão é 509,5 mm, outono 394,2 mm, no inverno 318,8 mm e 466,9 mm na primavera. O regime pluviométrico na parte Subtropical do Brasil não é homogêneo, apresentando variabilidade espacial e temporal condicionadas à interação de diferentes mecanismos. Na análise de tendência, foram utilizados três métodos estatísticos, sendo que os resultados mostram que a maioria das estações apresentaram tendências positivas.

Palavras-chave: Clima, subtropical, pluviosidade, tendência.

## **ABSTRACT**

The Brazil due to its large territory has different climatic regimes and presents quite diverse conditions and influenced by its geographical setting, its significant coastal extension, its relief and the dynamics of air masses acting on its territory. This work aims to analyze the spatial-temporal distribution of rainfall (daily, monthly, seasonal and annual) in the study area to disclosing the distribution patterns and trends from its genesis and dynamics in the 1977-2011 period. The study area is the region covered by the Subtropical Climate Brazil, with particular meteorological and climatic characteristics. It analyzed 635 rainfall stations distributed in the states of Sao Paulo, Parana, Santa Catarina and Rio Grande do Sul. The average rainfall of the annual total in the Subtropical Climate region for the selected time period was 1690.8 mm. The seasonal analysis, rainfall is presented in a way where there are no months or dry season, but periods of lower rainfall, with average summer is 509.5 mm, 394.2 mm fall in the winter 318.8 mm and 466.9 mm in the spring. The rainfall in the Subtropical Brazil is not homogeneous, with spatial and temporal variability conditioned to the interaction of different mechanisms. In the trend analysis, three statistical methods were used, the results show that most plants showed positive tendencies.

Keywords: Climate, subtropical, rainfall, trend.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Localização da Área de Estudo.....	7
<b>Figura 2:</b>	Roteiro Metodológico.....	12
<b>Figura 3:</b>	Clima Subtropical do Brasil: estações pluviométricas selecionadas.....	14
<b>Figura 4:</b>	Organização das escalas espaciais e temporal do clima.....	31
<b>Figura 5:</b>	Padrões de mudança nas precipitações projetados pelos modelos do IPCC 2007.....	38
<b>Figura 6:</b>	Tendência de Mudança Anual.....	40
<b>Figura 7:</b>	Tendência da precipitação anual e sazonal (1951-2000).....	42
<b>Figura 8:</b>	Ciclos anuais de precipitação (1950-2050).....	43
<b>Figura 9:</b>	Hipsometria Brasil.....	48
<b>Figura 10:</b>	Clima Subtropical do Brasil – Hipsometria.....	49
<b>Figura 11:</b>	Representação da Zona de Contato entre os fatores continentais e oceânicos.....	50
<b>Figura 12:</b>	Massas de ar atuantes no Brasil.....	54
<b>Figura 13:</b>	Média anual de registro de passagem de Frentes Frias por estação.....	61
<b>Figura 14:</b>	Ciclone Extra-Tropical (10/11 de Agosto de 2005 – Fonte: SIMEPAR).....	63
<b>Figura 15:</b>	Total Pluviométrico (mm) para o mês de Agosto (1983).....	67
<b>Figura 16:</b>	Altura geopotencial caracterizando bloqueio (Fonte: Climatempo).....	68
<b>Figura 17:</b>	Total Pluviométrico (mm) para o mês de Agosto (1988).....	70
<b>Figura 18:</b>	Total Pluviométrico (mm) para o mês de Agosto (1994).....	71
<b>Figura 19:</b>	Total Pluviométrico (mm) para o mês de Agosto (1999).....	73
<b>Figura 20:</b>	Total Pluviométrico (mm) para o mês de Agosto (2004).....	75
<b>Figura 21:</b>	Total Pluviométrico (mm) para o mês de Agosto (2010).....	76
<b>Figura 22:</b>	Complexo Convectivo de Mesoescala na Região Sul do Brasil.....	77
<b>Figura 23:</b>	Classificação Climática – IBGE.....	79
<b>Figura 24:</b>	Classificação Climática – Koppen.....	80
<b>Figura 25:</b>	Pluviosidade média anual (1977-2011).....	85
<b>Figura 26:</b>	Pluviosidade média sazonal – verão (1977-2011).....	87
<b>Figura 27:</b>	Pluviosidade média sazonal – outono (1977-2011).....	89
<b>Figura 28:</b>	Pluviosidade Média Sazonal – Inverno (1977-2011).....	91
<b>Figura 29:</b>	Pluviosidade Média Sazonal – Primavera (1977-2011).....	93
<b>Figura 30:</b>	Atuação e efeitos El Niño.....	96
<b>Figura 31:</b>	El Niño – Pluviosidade total anual (1983) e variação (%) em relação a média histórica (1977-2011).....	98
<b>Figura 32:</b>	El Niño – Pluviosidade total anual (1998) e variação (%) em relação a média histórica (1977-2011).....	99
<b>Figura 33:</b>	La Niña – Pluviosidade total anual (1988) e variação (%) em relação a média histórica (1977-2011).....	101
<b>Figura 34:</b>	La Niña – Pluviosidade total anual (2008) e variação (%) em relação a média histórica (1977-2011).....	102
<b>Figura 35:</b>	relação entre a pluviosidade média anual e oscilação ENOS (oceano Pacífico).....	103
<b>Figura 36:</b>	Média Anual de dias com Chuva (1977-2011).....	106
<b>Figura 37:</b>	Média Sazonal de Dias com Chuva – Verão (1977-2011).....	107
<b>Figura 38:</b>	Média Sazonal de Dias com Chuva – Outono (1977-2011).....	108
<b>Figura 39:</b>	Média Sazonal de Dias com Chuva – Inverno (1977-2011).....	109
<b>Figura 40:</b>	Média Sazonal de Dias com Chuva – Primavera (1977-2011).....	110
<b>Figura 41:</b>	Variação mensal – pluviosidade média mensal (1977-2011).....	118

<b>Figura 42:</b> Tendência da Pluviosidade total Anual – Mann Kendall (1977-2011).....	124
<b>Figura 43:</b> Tendência da Pluviosidade total Anual – Regressão (1977-2011).....	125
<b>Figura 44:</b> Tendência da Pluviosidade total Anual – Pettit (1977-2011).....	126
<b>Figura 45:</b> Áreas e fatores de influência das tendências pluviométricas.....	129
<b>Figura 46:</b> Tendência da Pluviosidade Sazonal (Mann-Kendall).....	131
<b>Figura 47:</b> Tendência da Pluviosidade Sazonal (Regressão).....	132
<b>Figura 48:</b> Tendência da Pluviosidade Sazonal (Pettit).....	133
<b>Figura 49:</b> Número de enxurradas no período (1991-2011).....	138
<b>Figura 50:</b> Total de dias com pluviosidade em 24 horas entre 50 e 75 mm (1977-2011).	144
<b>Figura 51:</b> Total de dias com pluviosidade em 24 horas entre 75 e 100 mm (1977-2011).....	145
<b>Figura 52:</b> Total de dias com pluviosidade em 24 horas entre 100 e 125 mm (1977-2011).....	146
<b>Figura 53:</b> Total de dias com pluviosidade em 24 horas acima de 125 mm (1977-2011)	147
<b>Figura 54:</b> Número de estiagens no período (1991-2011) – Fonte dos dados: Atlas brasileiro de desastres naturais (2013).....	149

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b>	Regressão Linear – Estação 02548000 (1977-2011).....	21
<b>Gráfico 2:</b>	Análise de Pettitt – estação 2350048 (1977-2011).....	23
<b>Gráfico 3:</b>	Média Mensal de sistemas Frontais atuantes no Brasil.....	58
<b>Gráfico 4:</b>	Total Mensal de Sistemas Frontais Atuantes no Brasil – Frente Fria (1997-2011).....	59
<b>Gráfico 5:</b>	Número médio de ciclones por ano com duração igual ou superior a 24h e intensidade igual ou inferior a 1010 hPa por faixa de latitude no Hemisfério Sul.....	63
<b>Gráfico 6:</b>	ZCAS – número de dias de atuação – mensal.....	65
<b>Gráfico 7:</b>	Área de estudo – pluviosidade Média Mensal (1977-2011).....	111
<b>Gráfico 8:</b>	São Paulo – pluviosidade Média Mensal (1977-2011).....	112
<b>Gráfico 9:</b>	Paraná – pluviosidade Média Mensal (1977-2011).....	113
<b>Gráfico 10:</b>	Santa Catarina – pluviosidade Média Mensal (1977-2011).....	114
<b>Gráfico 11:</b>	Rio Grande do Sul – pluviosidade Média Mensal (1977-2011).....	115
<b>Gráfico 12:</b>	Pluviosidade Média Sazonal (1977-2011).....	116
<b>Gráfico 13:</b>	Clima Subtropical do Brasil: tendência pluviométrica anual (1977-2011).....	119
<b>Gráfico 14:</b>	Tendência pluviométrica anual (1977-1998).....	120
<b>Gráfico 15:</b>	Clima Subtropical do Brasil: tendência pluviométrica anual (1999-2011).....	121
<b>Gráfico 16:</b>	Pluviosidade em 24 horas acima de 50 mm e chuva máxima mensal em 24 horas - Morretes/PR (2548000).....	140
<b>Gráfico 17:</b>	Pluviosidade em 24 horas acima de 50 mm e chuva máxima mensal em 24 horas - Blumenau/SC (2649009).....	141
<b>Gráfico 18:</b>	Pluviosidade em 24 horas acima de 50 mm e chuva máxima mensal em 24 horas – Pelotas/RS (3152008).....	142

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Dados diários brutos e consistidos.....	17
<b>Tabela 2:</b> Dados mensais, sazonais, anuais e número de dias com chuva.....	18
<b>Tabela 3:</b> Estatística Descritiva.....	19
<b>Tabela 4:</b> Teste de Mann-Kendall.....	20
<b>Tabela 5:</b> Coeficientes de regressão.....	20
<b>Tabela 6:</b> Ciclo de bloqueios atmosféricos no mês de agosto (1983, 1988, 1994, 1999, 2004 e 2010).....	66

## LISTA DE SIGLAS

**ANA** - Agência Nacional de Águas

**CPTEC** - Centro de previsão de tempo e estudos climáticos

**EPAGRI** - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de Santa Catarina S/A

**ENOS** - El Niño-Oscilação Sul

**FEPAGRO** - Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuária

**FPa** - Frente Polar

**GEE** - Gases do Efeito Estufa

**INMET** - Instituto Nacional de Meteorologia

**IAPAR** - Instituto Agrônômico do Paraná

**IBGE** - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IPCC** - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

**IOS** - Índice de Oscilação Sul

**MMA** - Ministério do Meio Ambiente

**MPa** - Massa Polar Atlântica

**MTa** - Massa Tropical Atlântica

**OMM** - Organização meteorológica mundial

**ONU** - Organização das Nações Unidas

**PNGC** - Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro

**PR** - Paraná

**RS** - Rio Grande do Sul

**SC** - Santa Catarina

**SIMEPAR** - Instituto Tecnológico do Paraná

**T\_MIN** - Temperatura Mínima

**T\_MED** - Temperatura Média

**T\_MAX** - Temperatura Máxima

**TSM** - Temperatura da superfície do mar

**ZCAS** - Zona de Convergência do Atlântico Sul

**ZCIT** - Zona de Convergência Intertropical



# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
Problemática de estudo.....	5
Clima Subtropical do Brasil: Recorte espacial e temporal da pesquisa.....	6
Objetivos.....	8
Metodologia, métodos e técnicas da pesquisa.....	9
Análise estatística e organização dos dados.....	16
Análises de tendência.....	19
 <b>I. A PLUVIOSIDADE COMO FENÔMENO GEOGRÁFICO.....</b>	<b>24</b>
I.1 - O estudo da pluviosidade: Aportes teóricos gerais.....	24
I.1.1 – Escala de Estudo.....	31
I.2 - Mudanças climáticas globais e suas repercussões regionais e locais.....	34
I.3 - Eventos climáticos extremos e seus impactos/riscos socioambientais.....	45
 <b>II. A PLUVIOSIDADE NO CLIMA SUBTROPICAL DO BRASIL.....</b>	<b>47</b>
II.1 – Características geográficas gerais.....	47
II.1.1 – Dinâmica atmosférica.....	52
II.1.2 – Sistemas Frontais e Frontogênese.....	57
II.1.3 – Ciclone, anticiclone, Zona de Convergência do Atlântico Sul, bloqueios atmosféricos e CCM.....	62
II.1.4 – Classificações Climáticas.....	78
II.2 – Caracterização geral da pluviosidade da Região do Clima Subtropical do Brasil.....	83
II.3 – Variabilidade da pluviosidade associada ao El Niño e ao La Niña.....	94
II.4 – Intensidade pluviométrica diária.....	104
 <b>III. VARIABILIDADE E TENDÊNCIA DA PLUVIOSIDADE NO CLIMA SUBTROPICAL BRASIL.....</b>	<b>111</b>
III.1 – As condições normais.....	111
III.2 – Tendência e variabilidade.....	118
 <b>IV. RISCOS E VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADAS À PLUVIOSIDADE NO CLIMA SUBTROPICAL DO BRASIL.....</b>	<b>136</b>
IV.1 – Extremos positivos / inundações e enchentes.....	137
IV.2 – Extremos negativos / secas e estiagens.....	148
 <b>Considerações Finais.....</b>	<b>151</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>154</b>

## Introdução

O clima, sua constituição e a influência que exerce na sociedade e esta no clima despertam atualmente o interesse de todos, deixando de ser objeto de curiosidade apenas de cientistas. Suas possíveis mudanças tornaram-se assunto de pauta em reuniões, tema principal em jornais, revistas e telejornais no mundo, evidenciando-se o fato da influência humana numa possível mudança climática. O conhecimento detalhado do clima e de seus atributos é de grande importância para responder esta e outras hipóteses.

Nesta perspectiva, Mendonça (2000, p.85) ressalta que o clima é um dos importantes elementos formadores do ambiente planetário. Os debates relativos à questão ambiental, notadamente após a década de 1960, têm evidenciado sua importância na análise ambiental, principalmente quando da ocorrência de catástrofes naturais.

A preocupação com o meio ambiente e as relações entre sociedade e natureza constituem, hoje, tema de indiscutível relevância (CONTI, 2005). Para Mendonça (2000, p. 86):

A história do último um quarto do século XX encontra-se fortemente marcada pelo debate acerca da questão ambiental. O século, como um todo, assistiu à lenta transformação da conotação do termo ambiente, pois até meados do mesmo, as discussões ambientais ainda tinham uma concepção majoritariamente naturalista. A realização da Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento e Meio Ambiente, ou também denominada Rio-ECO/92, engendrou novos elementos que resultaram numa nova concepção dos problemas ambientais; concepção esta que inclui abordagens de cunho social, daí a terminologia socioambiental.

O clima é resultado da ação de diferentes variáveis meteorológicas que, atuando juntas, estabelecem padrões para as diferentes regiões. Uma das principais definições de clima foi enunciada por Maximilien SORRE (1955), no seu livro *“Les Fondements Biologiques de la Geographie Humaine,”* o ambiente atmosférico constituído pela série dos estados atmosféricos que ocorre num lugar em sua sucessão habitual”.

Ressalta-se que além da preocupação com as possíveis mudanças climáticas, o clima e a sua variabilidade afetam diretamente ou indiretamente o cotidiano das pessoas e as atividades econômicas como a agricultura, indústrias e a produção de energia. Segundo o Ministério de Minas e Energia do Brasil (2015), nos

últimos anos a dinâmica climática e os eventos extremos condicionaram o setor energético do país ao estado de alerta e emergência em algumas regiões, principalmente devido à falta de chuvas que abastecem os reservatórios.

Assim, é fundamental o estudo da dinâmica climática em diferentes escalas, pois possibilita, além do seu conhecimento, a implementação de ações para mitigar problemas que afetam a população.

Desvendar a dinâmica dos fenômenos naturais, dentre eles a variabilidade da atmosfera, foi necessário para que os grupos sociais superassem a condição de meros sujeitos às intempéries naturais e atingissem não somente a compreensão do funcionamento de alguns fenômenos, mas também a condição de utilitários e de manipuladores dos mesmos em diferentes escalas (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 11).

Se antes a preocupação era a influência do clima nas pessoas, atualmente esta atenção se amplia e passa a enfocar também a influência das atividades humanas na dinâmica climática. Assim, os estudos climáticos evidenciam cada vez mais a necessidade do aprofundamento das análises e o uso de técnicas e metodologias que consideram a dinâmica atmosférica e as suas diversas características.

Segundo Monteiro (1999, p. 10), *“Quando enunciamos que o clima de um lugar (espaço) é resultante do comportamento dinâmico mais habitual ou recorrente da atmosfera, cronologicamente desenvolvido (tempo) sobre aquele dado lugar, teremos o problema de definir que lugar é este”*.

Carlos Augusto Monteiro representou com seus estudos um marco na Climatologia. Contrário às técnicas tradicionais, que imprimiam de forma separatista uma análise estática ao Clima, Monteiro influenciado por outros pesquisadores, entre eles Sorre, passou a conceber os estudos do clima de forma dinâmica com seus fatores determinantes entendidos dentro de uma cadeia de influência.

Muitos estudos evidenciam as características da atmosfera e como os fenômenos climáticos se estabelecem em diferentes escalas. Nesta pesquisa o foco de análise é a precipitação pluviométrica, que além de representar um elemento essencial na constituição ambiental, apresenta inúmeras possibilidades de análise espacial e temporal. Além disso, a pluviosidade é um importante fator no controle do ciclo hidrológico e constitui-se numa das variáveis climáticas que mais influencia no cotidiano das pessoas e na qualidade do meio ambiente. Os volumes de

precipitação pluvial, a distribuição temporal e a intensidade das chuvas afetam a sociedade, a economia e a dinâmica natural do planeta.

Devido à grande extensão territorial do Brasil, encontramos diferentes dinâmicas pluviométricas, influenciadas pelas características físicas do território, pela dinâmica atmosférica atuante e pela variação latitudinal. O Brasil possui diferentes regimes de precipitação sendo que a sua distribuição espacial e temporal (diária, mensal e anual) deriva efeitos diretos e indiretos no espaço.

Assim nesta pesquisa a área de estudo limitou-se à região de clima subtropical que abrange as unidades federativas do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, a maior parte do Paraná e o sudeste de São Paulo.

Uma das principais características atribuídas a área de estudo e que distinguem os climas da porção Sul do restante do País é a sua regularidade na distribuição anual da pluviosidade, não apresentando mês seco. Essas características são resultantes da associação entre a posição geográfica da área, seu relevo e a atuação dos sistemas atmosféricos intertropicais e polares (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Dessa maneira, Monteiro (1999, p. 27) acrescenta que:

Do trópico de Capricórnio para o Sul, nota-se a vigência de um clima regional cujos contrastes térmicos entre verão e inverno, acentuados mesmo para uma faixa litorânea ocidental, associa-se à pluviosidade farta, o ano inteiro, sem definição de período seco. Além do que a circulação regional é afetada pela passagem altamente recorrente, durante todo o ano, de Frente Polar Atlântica, em seus deslocamentos do Sul para o Norte – coadjuvados pelos efeitos orográficos das serras litorâneas -, agrava (convectivamente) as correntes perturbadas (advectivas). Assim, o Brasil Meridional e sua transição no Brasil de Sudeste, estão sujeitos, no decorrer do ano, a fortes pancadas pluviais (especialmente no verão).

Neste trabalho, tendo como área de estudo a região de abrangência do Clima Subtropical, o foco principal de análise remete-se ao estudo da variabilidade espaço-temporal da pluviosidade, procurando entender como se estabelece no espaço considerando a escala temporal pré-definida para o período de 1977 a 2011, associando uma abordagem qualitativa (dinâmica), quantitativa (estatística) e das teleconexões.

Este estudo é importante pensando na influência significativa da dinâmica pluviométrica na região, e pela possibilidade de servir como parâmetro às decisões que envolvam as chuvas em diferentes escalas de tempo (diária, mensal, sazonal e anual). Ressalta-se também que de acordo com os resultados do relatório do Painel

Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (IPCC), a região Sul do Brasil apresenta tendências significativas de aumento nas médias pluviométricas, que serão mais intensas e concentradas com elevação aproximada de 30% no total até o final do século XXI.

Muitas regiões e municípios inseridos dentro do domínio climático Subtropical do Brasil registram com frequência casos de desastres, ocasionados principalmente pelas chuvas intensas associadas ao relevo e ocupação em áreas de risco. Além disso, a variabilidade anual da precipitação pluviométrica representa um dos principais fatores de influência da produção agrícola na Região Sul do Brasil. Estudar e entender essa variabilidade do clima é essencial e tem sido um dos principais objetivos dos pesquisadores da climatologia.

Muitos estudos têm sido dedicados à compreensão da gênese da formação das precipitações e a sua dinâmica no Sul do Brasil com aplicação de vários métodos e utilizando diferentes escalas. No presente estudo, buscam-se analisar algumas lacunas sobre a dinâmica pluviométrica além de ampliar a análise na perspectiva espaço-temporal tendo como base as importantes contribuições teóricas sobre a abordagem, principalmente aquelas que abrangem na sua totalidade ou em partes a área de estudo.

Para a melhor compreensão e discussão dos objetivos da tese, este trabalho foi dividido da seguinte maneira: no próximo capítulo serão apresentados os procedimentos metodológicos, além dos métodos utilizados para atingir os objetivos propostos. O capítulo 1 abrange a discussão teórica acerca da pluviosidade como fenômeno geográfico, as mudanças climáticas globais e os eventos climáticos extremos. As possíveis mudanças na dinâmica pluviométrica representam uma discussão que ainda divide opiniões de cientistas e que carece de mais estudos detalhados. Já os eventos extremos são mais conhecidos, porém parecem ter se intensificado nas últimas décadas seja por causa natural ou social. No capítulo 2 serão apresentadas características gerais da pluviosidade no clima subtropical do Brasil, destacando a variabilidade da pluviosidade associada ao El Niño e ao La Niña e a intensidade pluviométrica diária. O La Niña e principalmente o El Niño são fenômenos que influenciam diretamente na dinâmica pluviométrica do clima subtropical do Brasil. No capítulo 3 o enfoque é sobre as tendências pluviométricas para a área de estudo, sendo que os resultados foram obtidos a partir de uma malha abrangente de estações pluviométricas e de técnicas estatísticas que utilizam mais

de um modelo metodológico. No último capítulo serão abordados os riscos e vulnerabilidades socioambientais associadas à pluviosidade, ressaltando que na área de estudo têm-se o registro de vários problemas relacionados às enchentes, inundações, secas e estiagens. Estas situações estão diretamente ligadas à dinâmica pluviométrica do clima subtropical do Brasil, sendo que o estudo e análise são fundamentais para compreender a climatologia da região.

## **Problemática do Estudo**

A pluviosidade é uma das mais importantes variáveis meteorológicas para os estudos climáticos. Essa importância deve-se a sua função dentro da dinâmica climática e de sua variação no espaço e no tempo. Estudar os fenômenos pluviométricos, como a distribuição espacial e temporal da chuva, é de grande aplicabilidade em várias áreas do conhecimento. Eventos extremos ligados à dinâmica pluviométrica e as possíveis mudanças nos regimes de chuva representam preocupações discutidas nos mais variados âmbitos. Muitos municípios brasileiros registram todos os anos desastres vinculados à dinâmica pluviométrica, o que resulta em grandes perdas materiais e humanas.

Atualmente, o clima e seus elementos apresentam boa análise e descrição, porém algumas lacunas estão carentes de respostas, principalmente em relação à dinâmica pluviométrica na Região do Clima Subtropical do Brasil e as possíveis consequências e efeitos das tendências climáticas e dos eventos extremos. Além disso, é necessária uma abordagem climática numa escala regional, principalmente em relação à pluviosidade, que apresenta distribuição muito influenciada pelos fatores estáticos e dinâmicos.

O Brasil é um país de dimensões continentais, sendo que a tropicalidade é uma de suas principais características. Ainda que dispondo-se quase que completamente na zona intertropical do planeta o território brasileiro apresenta uma considerável variedade de tipos climáticos, o que se reflete na formação de um rico e diversificado mosaico de paisagens naturais distintas (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 139).

Considerando-se a posição e constituição física da região de abrangência do Clima Subtropical do Brasil, questiona-se:

- como se estabelece a distribuição espaço-temporal da pluviosidade na região?
- quais os fatores estáticos e dinâmicos que influenciam na variabilidade pluviométrica?
- a Região Subtropical do Brasil apresenta características homogêneas em relação à distribuição anual e sazonal das chuvas?
- as tendências pluviométricas globais são perceptíveis na escala regional?
- qual é a relação de influência temporal e espacial dos fenômenos El Niño e La Niña na variabilidade pluviométrica?.

### **Clima Subtropical do Brasil: Recorte espacial e temporal da pesquisa**

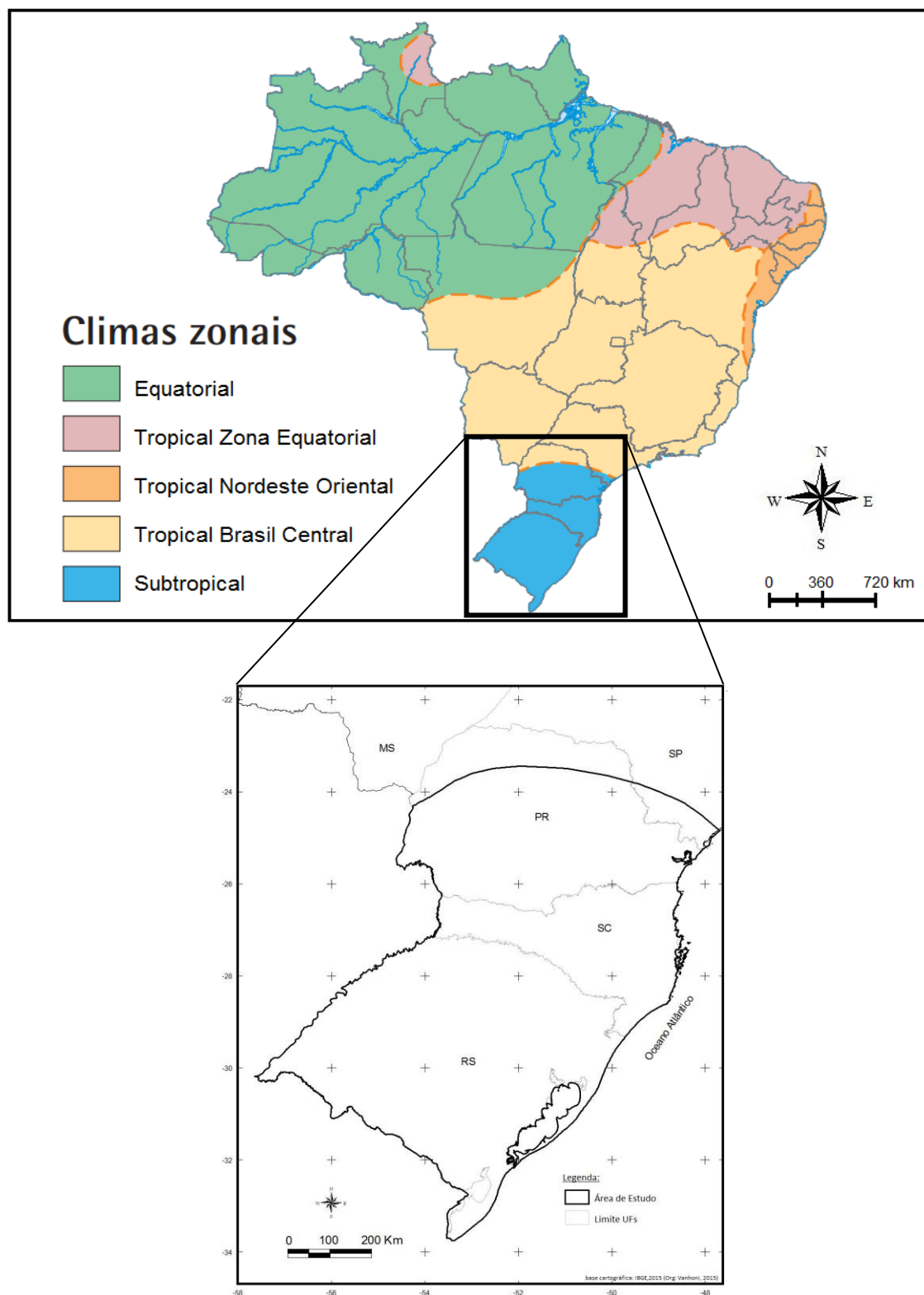
Os recortes espaciais e temporais da pesquisa são importantes e exercem influência direta nos resultados. Sabe-se que o clima não se estabelece pelos limites das Unidades Federativas e nem das regiões brasileiras, que não estabelecem fronteiras às dinâmicas da atmosfera. Assim levou-se em consideração a área de abrangência do clima Subtropical do Brasil (Figura 1) segundo a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que abrange por completo os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, quase todo o Estado do Paraná e uma parte do sudeste e litoral do Estado de São Paulo.

Segundo o IBGE, o Brasil apresenta 05 (cinco) climas zonais, sendo que as características do Clima Subtropical são: predomina ao sul do Trópico de Capricórnio, caracteriza-se por temperaturas médias inferiores a 18°C e com amplitude térmica entre 9°C e 13°C. Nas áreas mais elevadas, o verão é suave e o inverno frio, com registros de nevascas ocasionais. Chove entre 1.400 mm e 2.000 mm/ano, de forma bem distribuída ao longo das estações, não sendo possível identificar uma estação seca.

Para a análise pluviométrica da área de estudo selecionada, o recorte temporal compreende 35 (trinta e cinco) anos de dados dentro do período de 1977 a 2011. Esta temporalidade não é considerada uma normal climatológica, mas serve

para a análise de classificação e tendência sendo que os dados ultrapassam os 30 (trinta) anos considerados padrão para os estudos climáticos.

**Figura 1:** Localização da Área de Estudo (Fonte dados): IBGE, 2013 (org: VANHONI, 2015)





## Objetivos

Este trabalho tem como objetivo analisar a distribuição espaço-temporal da pluviosidade (diária, mensal, sazonal e anual) na área de estudo buscando evidenciar os padrões de distribuição e tendências a partir de sua gênese e dinâmica. A área de estudo é a região de abrangência do Clima Subtropical do Brasil, que apresenta características meteorológicas e climáticas particulares, devido a sua vasta extensão latitudinal e influência de aspectos físicos e dinâmicos.

De maneira específica, objetiva-se:

- análise da dinâmica atmosférica no âmbito regional;
- mapeamento, com uso de geotecnologias, da distribuição e variação espacial e temporal dos elementos e fatores do clima regional (pluviosidade);
- identificação e análise da evolução pluviométrica;
- análise dos principais eventos pluviométricos regionais e suas repercussões sobre a sociedade;
- entender como a pluviosidade associada aos sistemas atmosféricos, se estabelece no tempo e no espaço em escala diária, mensal e sazonal;
- analisar a influência dos eventos extremos na dinâmica pluviométrica.

Ressalta-se que o mesmo não tem como ponto de partida a ideia de mudança climática já estabelecida, como mostram inúmeros trabalhos científicos e a mídia em geral. Por esta razão os resultados serão apresentados como possíveis “tendências” (e não mudanças climáticas) dentro do período de análise e dos métodos estatísticos utilizados.

## **Metodologia, métodos e técnicas da pesquisa**

O clima representa um sistema complexo e dinâmico, sendo que a abordagem climática dentro de suas características e tendências necessita de diferentes métodos para o seu entendimento.

A determinação climática de uma região é baseada na influência de distintos fatores associados ou não a partir de um único elemento. Neste trabalho a abordagem climática terá como base a concepção Sistêmica, das teleconexões e da climatologia dinâmica.

Os fatores astronômicos/meteorológicos (energia solar, dinâmica atmosférica, movimentos de rotação e translação...), os geográficos (relevo, latitude, longitude...), biogeográficos (distribuição dos biomas) e em alguns casos os socioeconômicos através das inter-relações geram e determinam o sistema atmosférico, caracterizando os diversos climas predominantes. Ou seja, os estudos climáticos estão inseridos numa análise sistêmica, onde os elementos devem ser inseridos e tratados levando-se em consideração os demais fatores determinantes, tornando os estudos no campo da climatologia de grande complexidade.

De um ponto de vista geral, a abordagem da atmosfera pela climatologia tem sido desenvolvida, após a superação de um período no qual predominou a visão estático-estatística, através da Teoria dos Sistemas. A interação entre os elementos atmosféricos e a superfícies (fatores geográficos do clima) permite a identificação e análise de unidades climáticas diferenciadas (MENDONÇA, 2002, p. 29).

Por sua vez, o clima global apresenta uma diversidade de padrões de variabilidade. Tais padrões expressam os mecanismos da circulação atmosférica e sua interação ou conexão com os oceanos e com os continentes. Esta característica é denominada teleconexão climática.

As teleconexões são padrões que apresentam temporalmente configurações ondulatórias, com determinadas frequências e dimensões escalares. Espacialmente esses fenômenos se associam às alterações dos padrões climáticos observados em regiões remotas e, através da similaridade no tempo e nos aspectos físicos dos sistemas atmosféricos correspondentes (NASCIMENTO JÚNIOR, 2013, p. 15).

Atualmente, os fenômenos oceânico-atmosféricos e de teleconexões climáticas têm sido estudados pelas ciências do clima (meteorologia dinâmica) devido ao papel que possuem na influência, associação, conexão nas escalas da

mudança, da variabilidade e do ritmo (cotidiano da sociedade) e nos elementos do clima – pluviosidade, destacadamente.

Ayoade (1988, p. 205) apud Andriucci; Sant`Anna Neto (2006, p. 107) coloca que o clima depende de dois fatores principais:

- a natureza dos componentes que formam o sistema climático e as interações entre vários componentes;
- a natureza das condições geofísicas exteriores ao sistema climático e as influências que exercem sobre o sistema climático.

E considera que [...] O estado climático em qualquer período dado depende de três fatores cruciais:

- a quantidade de energia proveniente do sol percebida pelo sistema climático;
- a maneira pela qual esta energia é distribuída e absorvida sobre a superfície da Terra;
- a natureza da interação dos processos entre os vários componentes do sistema climático.

Os sistemas geralmente não atuam de modo isolado estando inseridos dentro do ambiente em um conjunto maior que pode ser denominado de universo e compreende a totalidade dos fenômenos e eventos que, através da sua dinâmica, apresentam influências no sistema focalizado e também todos os fenômenos e eventos do ambiente que sofrem alterações devido ao comportamento do sistema particular (CHRISTOFOLETTI, 1979, p.3).

Neste sentido, o sistema e subsistemas da área de estudo referem-se aos demais componentes, principalmente os fatores geomorfológicos, hidrográficos e vegetação.

Entre as metodologias aplicadas, tendo a dinâmica atmosférica como um dos principais fatores na determinação climática da região, fez-se uso também da abordagem da climatologia Dinâmica. Destaca-se pelos trabalhos do geógrafo Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, que abordou e destacou a importância do ritmo climático e da dinâmica atmosférica nos estudos de climatologia. A partir disso, o estudo do clima de um determinado lugar passa a ser definido por seu caráter dinâmico através da sucessão de vários tipos de tempo. Assim, os estudos acerca do clima deixam de ser puramente uma abordagem estática e passam a uma perspectiva dinâmica.

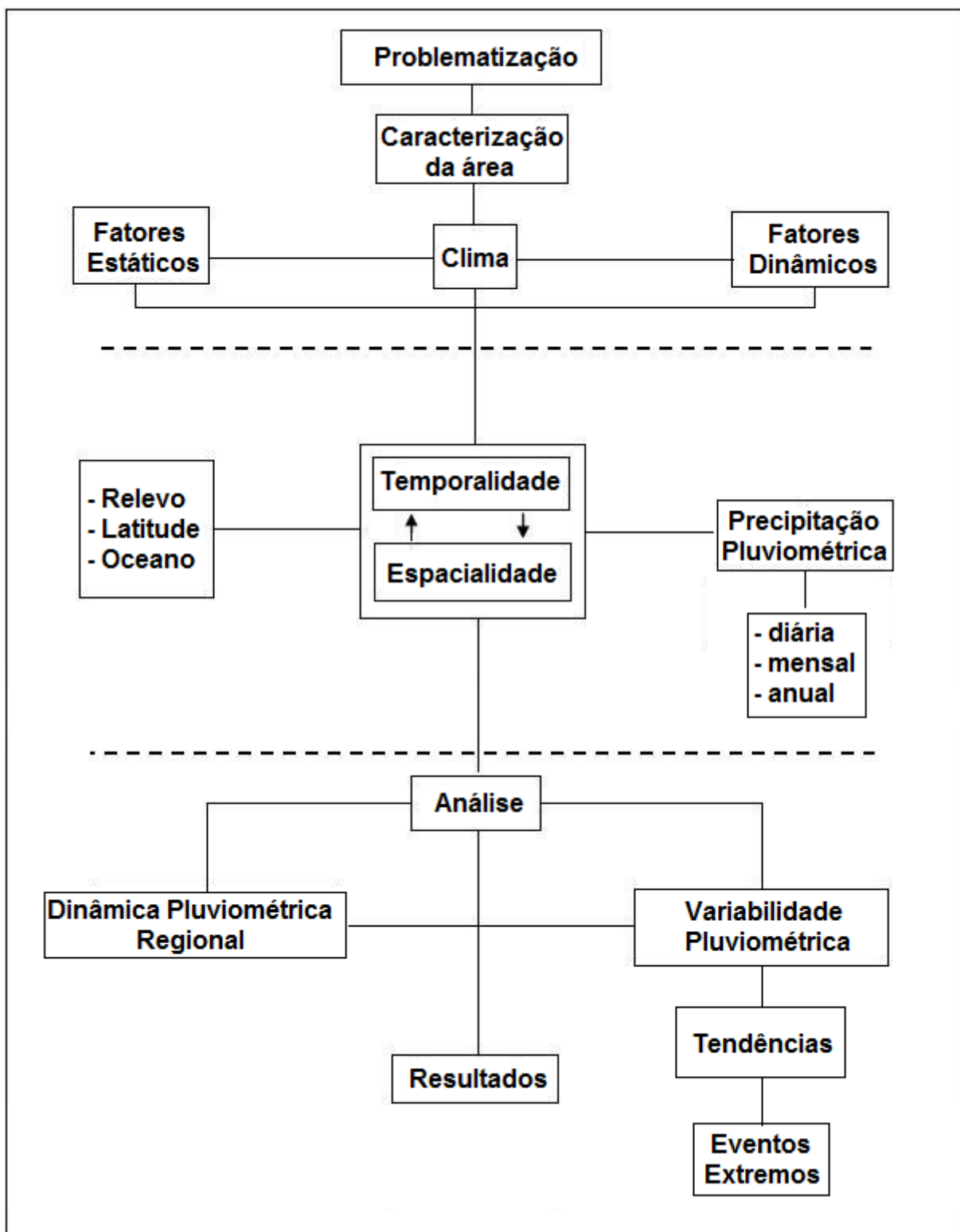
Segundo Monteiro (1971, pg. 04) o conceito de “ritmo”, expressão da sucessão dos estados atmosféricos, conduz, implicitamente, ao conceito de “habitual” pois há variações e desvios que geram diferentes graus de distorções até atingir padrões “extremos”.

Levou-se também em consideração na opção metodológica, o exemplo de Perard (1997, p. 105-106) apud Mendonça (2002, p. 30), que ao evidenciar particularidades dos riscos climáticos no mundo tropical, afirmou que todo programa de pesquisa elaborado sobre esta área geográfica “deve utilizar uma abordagem científica rigorosa, fundada sobre a análise estatística e sobre ferramentas matemáticas em geral”, pois ela permite elaborar “um modelo físico” do clima, colocar em evidência interações e conexões entre os sistemas de circulação, de natureza, de escala e de sazonalidade diferentes e, em último caso, de identificar sinais anunciadores de anomalias.

Entre os métodos utilizados, há uma fragmentação dos dados de modo que o tratamento estatístico e gráfico de cada estação possibilite a análise climática da região como um todo, e a análise geral da dinâmica atmosférica possibilitará o entendimento do clima de diferentes locais dentro da área de estudo.

Assim, as técnicas e métodos escolhidos possibilitam uma melhor representação e análise dos objetivos propostos, evidenciando a diversidade de características pluviométricas da área de estudo.

Buscando uma explicitação das fases deste trabalho, elaborou-se o seguinte Roteiro Metodológico (figura 2).



**Figura 2:** Roteiro Metodológico

Para a obtenção de resultados quanto aos objetivos propostos, tomou-se por base uma estruturação na qual o método de pesquisa apresenta os seguintes aspectos:

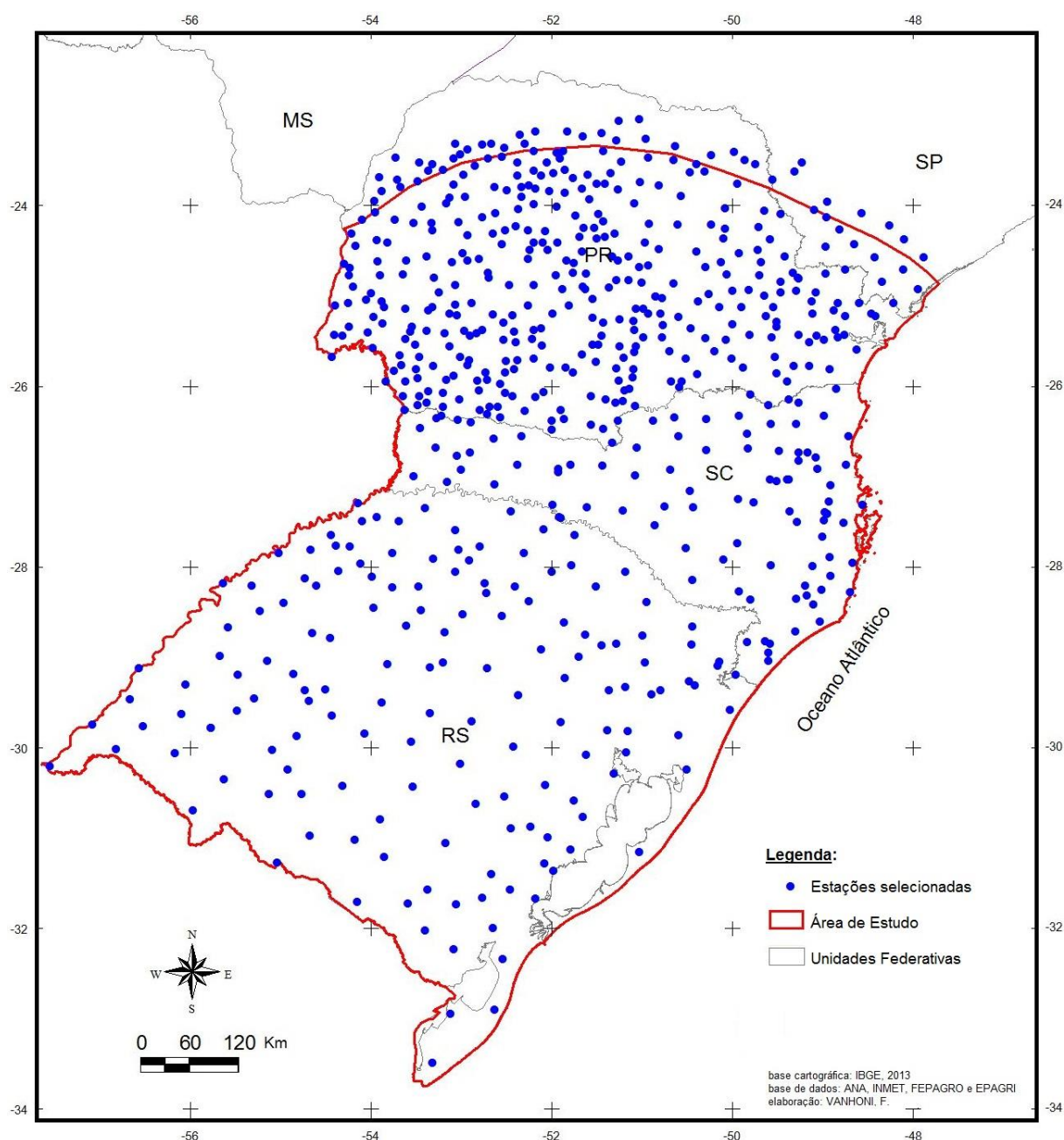
A primeira etapa da pesquisa caracterizou-se pela fundamentação teórica do objeto do estudo, visando o aprofundamento da formação de uma base teórico-metodológica que possibilitou a análise detalhada das características climáticas e dos fatores que influenciam na dinâmica pluviométricas da área de estudo;

A segunda etapa caracterizou-se pela coleta dos dados. Para o tratamento dos dados, devido às diversas fontes, foi importante uma análise em relação à qualidade bem como uma adequação de formatos para estruturação.

Os dados pluviométricos (figura 3) foram tratados estatisticamente e depois organizados em um banco de dados, sendo que os mesmos correspondem em sua maioria a um período de 35 (trinta e cinco) anos numa escala temporal estabelecida entre 1977-2011. A preocupação quando se trabalha com dados de chuva, refere-se à exatidão desses dados, principalmente quanto à confiabilidade e à magnitude do período de observações. Assim, o período ideal de observação deve ser de, no mínimo, 30 anos para que se tenha um registro significativo.

Diante desse fato, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) estabelece que, para estudos comparativos de clima, sejam calculadas médias climatológicas para períodos de 30 anos de observação, e, além disso, para homogeneidade na comparação, é necessário utilizar-se de um período determinado. No entanto, períodos mais curtos de observação, desde que feitas para anos sucessivos, prestam-se para avaliar o comportamento do clima.

Ressalta-se que a abrangência temporal dos dados não permite falar em mudanças climáticas no âmbito regional, mas sim em variabilidade, sendo que para tratar de mudanças é necessário um conjunto de dados com série da ordem secular.



**Figura 3:** Clima Subtropical do Brasil: estações pluviométricas selecionadas

Foram coletados dados mensais e diários de 635 estações junto ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná), SIMEPAR (Instituto Tecnológico), EPAGRI/CIRAM (Centro de informações de recursos ambientais e de hidrometeorologia de Santa Catarina), FEPAGRO (Fundação Estadual de pesquisa agropecuária do Rio Grande do Sul) e ANA (Agência Nacional de Águas).

Ressalta-se que espacialmente e numericamente a maioria das estações pluviométricas estão localizadas no Estado do Paraná. Porém, na espacialização de alguns resultados do estudo esta concentração foi ajustada para não influenciar nos resultados estatísticos. Por exemplo, uma maior concentração de estações num determinado quadrante de latitude e longitude pode induzir nos resultados do quadrante vizinho que apresenta um número menor de estações.

Além das estações pluviométricas localizadas dentro da área de estudo, também foram selecionadas estações fora do limite do clima subtropical para ajudar na qualidade dos resultados finais, principalmente das espacializações.

A espacialização dos mesmos abrange a terceira etapa da pesquisa. Os dados foram organizados e tratados estatisticamente no software *Excel*, sendo também analisados espacialmente com o auxílio do software *ArcGis 9.1* e sua extensão *Spatial Analyst*.

A utilização de técnicas de geoprocessamento torna-se cada vez mais importante, uma vez que “a possibilidade de sobrepor informações e do uso desagregado de dados contorna as dificuldades de trabalhar com diferentes unidades administrativas. A visualização é extremamente útil para gerar hipóteses, indagações sobre associações entre os eventos estudados e possibilidades de análises ecológicas” (CARVALHO, 2000, p. 18).

Na obtenção dos mapas de precipitação pluviométrica fez-se uso do método de interpolação *Spline*, implementado na extensão *Spatial Analyst* do software *ArcView GIS 9.1*. Este método de interpolação utiliza uma expressão polinomial para ajustar uma superfície analítica que inclua todos os pontos amostrais. O objetivo é que a interpolação dos valores para cada célula do *grid* gere uma superfície, na qual a declividade em todos os pontos seja obtida, minimizando-se a curvatura total. Maiores detalhes deste método são encontrados em MITASOVA e MITAS (1993), MITASOVA e HOFIERKA (1993), MITAS e MITASOVA (1999).

A quarta e quinta etapas compreenderam respectivamente a análise dos fatores estáticos e dinâmicos determinantes na característica climática da área de estudo, análise do comportamento dos elementos climáticos sazonalmente e anualmente, a tendência climática e a abordagem dos fenômenos climáticos e eventos extremos.



## Análise estatística e organização dos dados

A organização e tratamento dos dados representam um passo importante no trabalho, pois a qualidade dos mesmos interfere diretamente nos resultados. Assim, os dados pluviométricos coletados nos órgãos já citados foram organizados da seguinte maneira:

1º passo: os dados pluviométricos foram organizados em 6 (seis) tabelas no software Excel, sendo: dados diários brutos, dados diários consistidos, dados mensais, sazonais e anuais, número de dias com chuva, número de chuvas acima de 50 mm e chuva máxima (tabelas 1 e 2);

2º passo - preenchimento de falhas: como os dados são oriundos de diferentes fontes e pela necessidade de informações confiáveis, os mesmos foram submetidos à análise e preenchimento de falhas. Assim cada estação foi analisada individualmente para verificação de falhas e lacunas o que possibilitou uma análise mais aprofundada das informações. As estações com mais de 4 (quatro) anos seguidos de falhas foram descartadas, sendo que as demais estações com falhas foram submetidas ao preenchimento de dados considerando o método de ponderação regional. Neste método são selecionadas pelo menos 3 estações pluviométricas localizadas numa região próxima e com características semelhantes à estação que apresenta falhas (localização). Ressalta-se que as estações utilizadas como referência no preenchimento das falhas estabelecem uma correspondência de pelo menos 95% entre os dados. Assim a equação utilizada foi:

$$y = \frac{1}{3} \left( \frac{x_1}{x_{m1}} + \frac{x_2}{x_{m2}} + \frac{x_3}{x_{m3}} \right) y_m$$

y = precipitação do posto a ser estimada; x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, x<sub>3</sub> = precipitações correspondentes ao ano que se deseja preencher, observadas em 3 estações vizinhas; y<sub>m</sub> = a precipitação média do posto y; x<sub>m1</sub>, x<sub>m2</sub>, x<sub>m3</sub> = precipitações médias das 3 estações circunvizinhas.

Após o preenchimento das falhas pluviométricas foi realizado a análise de consistência dos dados, através do método da Dupla Massa, desenvolvido pelo

Geological Survey (USA), este método é válido apenas para séries mensais ou anuais (TUCCI, 2001).

**Tabela 1:** dados diários brutos e consistidos

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	tacaoCodi	Data	Chuva01	Chuva02	Chuva03	Chuva04	Chuva05	Chuva06	Chuva07	Chuva08	Chuva09	Chuva10	Chuva11	Chuva12	Chuva13	Chuva14
2	2251033	01/01/1975														
3	2251033	01/02/1975	0	0	36,8	3,8	4,4	0	10,7	1,4	0	14,2	0	0	0	0
4	2251033	01/03/1975	0	0	0	22	1,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2251033	01/04/1975	0	0	0	0	0	0	0	2,7	0	1	21	0	0	0
6	2251033	01/05/1975	0	17,8	0	0	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2251033	01/06/1975	0	16,5	0	0,9	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
8	2251033	01/07/1975	0,3	0	13,3	0	17	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0
9	2251033	01/08/1975	0	0	0	0	3,9	0,4	5,4	0	0	0	0	0	0	0
10	2251033	01/09/1975	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,5	0	0
11	2251033	01/10/1975	0	0	12,8	17,5	18	15,5	0	20,5	0	0	10	15,2	0	0
12	2251033	01/11/1975	3,5	17,3	0	0	0	19	36	0	0	14,3	0	0	0	0
13	2251033	01/12/1975	23	8,5	0	0	0	0	0	2,8	0	0	0	0	0	15,8
14	2251033	01/01/1976	0	0	7,5	0	18,3	0	0	0	1	0	0	2,4	0	0
15	2251033	01/02/1976	16,5	70,5	0	0	0	0	0	0	3,2	0	0	0	0	0
16	2251033	01/03/1976	0	0	0	29,9	0	0	0	0	0	0	0	14	0	2,3
17	2251033	01/04/1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,3	39,8	0	0	14
18	2251033	01/05/1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	15	0	0	0	0
19	2251033	01/06/1976	0	0	0	0	11,2	69	0	0	0,6	0	1,3	0	0	4,7
20	2251033	01/07/1976	0	0	12	0	0	0,3	0	27	3,8	1,6	0	0	0	0
21	2251033	01/08/1976	0	0	0	0	6,8	8	0	0	0	8,1	0	15	54	43,2
22	2251033	01/09/1976	0	0	0	0	18,1	17,3	33	33	0	0	0	0	5,3	6,8
	1976	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ			
1		0	16,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	36,8		
2		0	70,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3		7,5	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0	0		
4		0	0	29,9	0	0	0	0	0	0	0	0	4,2	0		
5		18,3	0	0	0	0	11,2	0	6,8	18,1	29	11,5	0			
6		0	0	0	0	0	69	0,3	8	17,3	0	42	0			
7		0	0	0	0	0	0	0	0	33	0	0	0,5			
8		0	0	0	0	0	0	27	0	33	0	0	10			
9		1	3,2	0	0	0,3	0,6	3,8	0	0	48,3	0	0			
10		0	0	0	33,3	15	0	1,6	8,1	0	0	0	0			
11		0	0	0	39,8	0	1,3	0	0	0	0	0	0			
12		2,4	0	14	0	0	0	0	15	0	0	0	0			
13		0	0	0	0	0	0	0	54	5,3	0	0	0			
14		0	0	2,3	14	0	4,7	0	43,2	6,8	0	0	0			
15		0,2	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0			
16		0	26,4	0	0	0	0	0	0	9,2	0	0	50,7			
17		0	0	0	0	6,8	0	0	0	0	19	0	0			
18		0,2	13,9	0	0	8,7	0	0	0	0	56	4	0			
19		0	23	3,6	0	16,4	0	0	45	0	43,2	16	0			
20		0	0	0	21	22	0	0	0	0	0	3	0			
21		0	0	50	17,3	1,3	0	0	0	0	0	0	39			
22		0	30,6	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0			
23		0	0	0	9,1	0	0	0	0	0,3	0	0	0			
24		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,8			
25		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7			
26		0	0	16,1	0	0	0	0	0	0	12,2	0	0,9			
27		15,5	4,3	0	0	0	0	0	0	1,2	0	0	0,7			
28		17,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19			
29		0	0	0	0	26,9	0	0	0	0	0	0	0			
30		0	0	0	0	29	0	0	0	0	0	0	0			
31		0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0			
SOMA		62,7	188,4	115,9	134,5	127,9	86,8	44,7	180,1	132,2	221,7	88,7	174,1			
CH.MAX		18,3	70,5	50	39,8	29	69	27	54	33	56	42	50,7			
N.DIAS		8	8	6	6	10	5	5	7	10	7	7	10			



## Análises de Tendências

Após a correção e tratamento dos dados pluviométricos, os mesmos foram analisados estatisticamente, com objetivo de visualizar as tendências anuais dentro da escala espacial e temporal do trabalho. Assim, foram selecionados três métodos estatísticos: Mann-Kendall, regressão linear e Pettit.

Nas análises considerou-se todo o período compreendido entre os anos de 1977 a 2011. Utilizou-se o valor total de precipitação pluviométrica anual, dado pela soma dos valores de janeiro a dezembro para cada ano.

O teste de Mann-kendall (PINHEIRO, 2013) é um dos métodos estatísticos mais utilizados nos estudos de tendência. Pode-se descrever este teste da seguinte maneira: considerando uma série temporal  $Y_i$  de  $N$  termos ( $i = 1, \dots, N$ ), calcula-se a soma dada pela equação:  $t_n = \sum_{i=1}^N m_i$  onde  $m_i$  é o número de termos da série,

relativo ao valor  $Y_i$ , cujos termos anteriores são inferiores ao mesmo. Para um valor de  $N$  grande, sob a hipótese nula  $H_0$  de ausência de tendência,  $t_n$  apresentará uma distribuição normal com média  $E(tn)$  e variância  $Var(tn)$ .

Foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Kendall para avaliação de tendência temporal nas séries de dados de todas as estações selecionadas. As hipóteses testadas foram:

$H_0$ : Nenhuma tendência

$H_1$ : Tendência crescente

No exemplo a seguir (tabela 3), como os dados das estações deste trabalho foram organizados no teste de Mann-Kendall:

**Tabela 3:** Estatística Descritiva

	<b>N</b>	<b>Amplitude</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>Série</b>	35	1.799,2	1.077,6	2.876,8	1.980,049	2.017,55	374,0458

Tem-se, pela tabela acima, que a precipitação média total do período é de 1.980 mm, sendo os valores máximo e mínimo encontrados 2.876,8 mm (ano 1998) e 1.077,6 mm (ano 1988), respectivamente.

**Tabela 4:** Teste de Mann-Kendall

<b>Estatística</b>	<b>ASE</b>	<b>Z</b>	<b>p-valor</b>
790	188,914	4,176	0,000

Pelo p-valor encontrado ( $<0,05$ ) podemos rejeitar a hipótese de que não existe tendência na série (tabela 4). Considera-se assim a presença de tendência crescente da variável total pluviométrico ao longo do tempo. Tem-se também uma estimativa do aumento anual total de 9,13 mm/ano, com intervalo de confiança de 95% de 5,12 a 12,8 mm/ano.

Na análise de Regressão linear, a tendência temporal da série ( $P_i$ ) foi avaliada pelo uso de regressão linear simples, com um modelo da forma:

$$P_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot t + e_i$$

sendo os coeficientes  $\beta_0$  e  $\beta_1$  obtidos pelo método de mínimos quadrados e o tempo considerado como o índice do ano (01 a 35). Para verificar se existe tendência estatisticamente significativa considerou-se o teste de hipótese para os coeficientes da regressão:

$$H_0: \beta_1 = 0 \text{ (Não existe tendência)}$$

$$H_1: \beta_1 \neq 0 \text{ (Existe tendência)}$$

Os resultados do modelo ajustado, como exemplo para uma estação pluviométrica, estão apresentados na tabela 5:

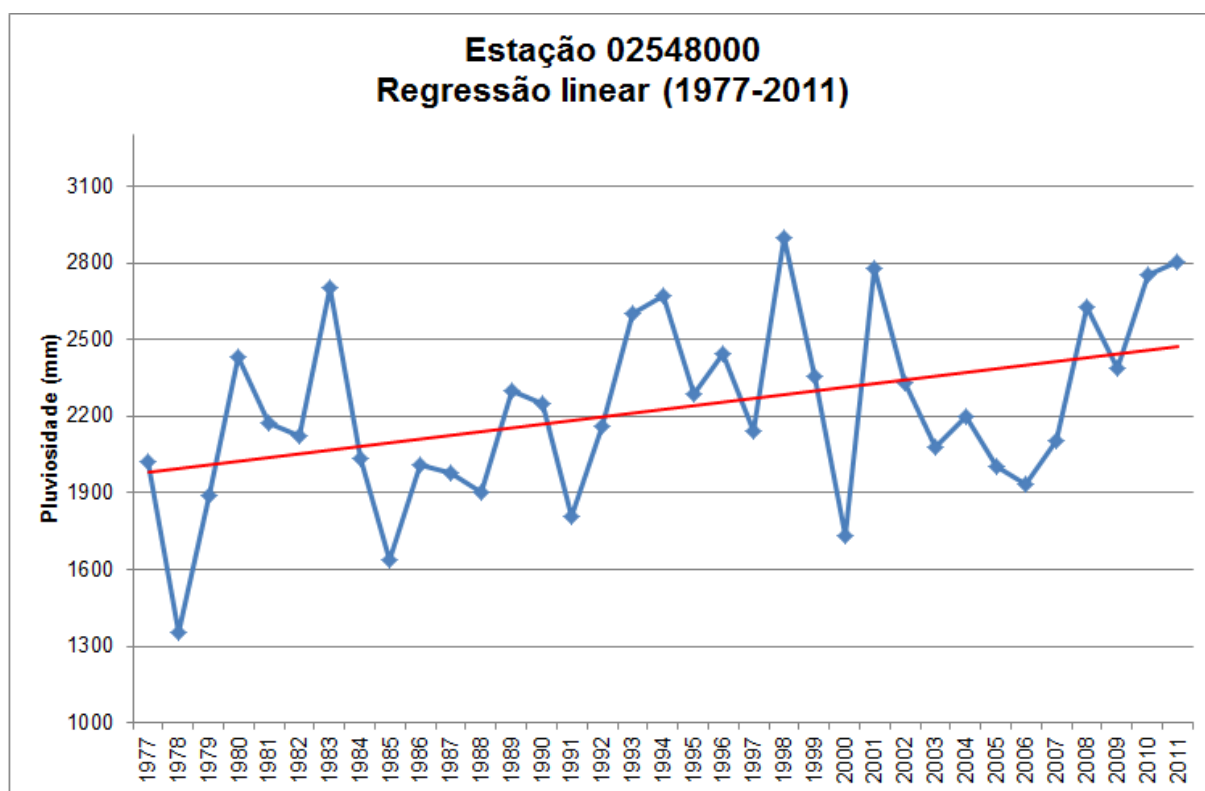
**Tabela 5:** Coeficientes de regressão

<b>Efeito</b>	<b>Coeficiente</b>	<b>Erro padrão</b>	<b>t</b>	<b>p-value</b>
$\beta_0$	1.642,181	79,072	20,768	0,000
$\beta_1$	9,793	1,992	4,916	0,000

Como o valor do coeficiente associado ao tempo ( $\beta_1$ ) foi significativo ( $p=0,001$ ) rejeita-se a hipótese de que não existe tendência ao longo do tempo. Considera-se então que existe tendência crescente, dado que o valor do coeficiente encontrado foi positivo. O valor desse coeficiente estimado foi 9,793 o que indica que a cada ano temos um aumento dessa magnitude no valor total da precipitação pluviométrica. Este valor pode estar compreendido entre 5,816 e 13,771 mm/ano, com 95% de confiança.

O coeficiente  $R^2$ , que mede a variabilidade da variável resposta em função da variável preditora foi de 0,268, indicando que a tendência linear do tempo explica 26,8% da variação do total pluviométrico anual.

A seguir temos um exemplo de gráfico da série de uma estação pluviométrica (02548000 – Paranaguá/PR ) que foi extrapolado para todas as estações, com a reta de regressão ajustada (gráfico 1).



**Gráfico 1:** Regressão Linear – Estação 02548000 (1977-2011)

Para cada uma das séries, foram calculados, também, o coeficiente de determinação ( $r^2$ ), a taxa de variação anual do elemento, o erro padrão e o nível descritivo do teste, para verificar se a taxa de variação anual era nula ou não.

Tanto na análise de Mann-Kendall como a de regressão linear, considerou-se um nível de significância de 5%. Para efeito de análise de tendência optou-se por considerar o ano como seu índice, indo de 01 (ano 1977) até 35 (ano de 2011).

O Teste de Pettitt identifica se as séries históricas pluviométricas são homogêneas ou não por meio de cálculos estatísticos. Ele é um teste não-paramétrico que não requer hipótese sobre a distribuição de dados. O teste de Pettitt é uma adaptação do teste de Mann-Whitney com base em fileiras para identificar o momento de uma mudança em uma série de dados, ou seja, não detecta uma mudança na distribuição caso essa não for acompanhada por uma mudança de posição. Por exemplo, se antes do tempo  $t$  as variáveis são normalmente distribuídas  $N(0, 1)$  e a partir do tempo  $t$  uma distribuição  $N(0, 3)$ .

O teste não paramétrico de Pettitt consiste em realizar uma verificação de duas amostras  $Y_1, Y_2, Y_t, \dots, Y_{t+1}, Y_{t+2}, \dots, Y_T$  provenientes de populações idênticas (PETTITT, 1979; MORAES et al., 1995). Segundo Back (2001), a estatística  $U_{t,T}$  faz uma contagem do número de vezes que um membro da primeira amostra é maior que um membro da segunda amostra, o que pode ser escrita de acordo com a equação:

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + \sum_{j=1}^T \text{sgn}(Y_i - Y_j); \quad t = 2, \dots, T$$

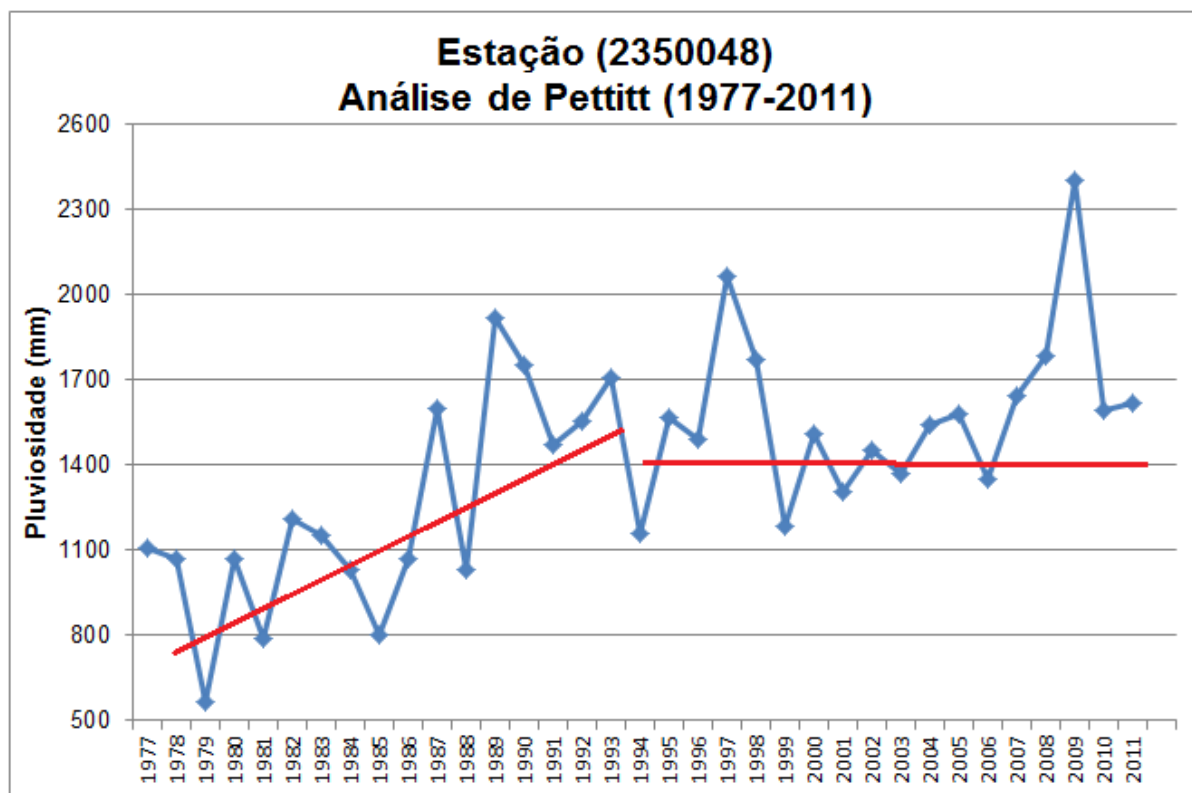
em que:  $\text{sgn}(x) = 1$ , para  $x > 0$ ;  $\text{sgn}(x) = 0$ , para  $x = 0$  e  $\text{sgn}(x) = -1$ , para  $x < 0$ .

A partir desta prerrogativa a estatística  $U_{t,T}$  é então calculada para valores de  $1 \leq t \leq T$ . Na sequência, obtém-se a estatística  $K(t)$  do teste por meio do máximo valor absoluto de  $U_{t,T}$ . É justamente essa estatística  $K(t)$  quem localiza o ponto em que houve a mudança brusca na média da série temporal.

No gráfico 2 a seguir, um exemplo da análise de Pettitt utilizada para todas as estações pluviométricas do estudo.

Neste resultado, considera-se uma ruptura sendo que a variação de tendência positiva é maior do que a negativa. Assim, numericamente na estação 02350048 a tendência do período (1977-2011) ficou acima de 15% da média histórica.





**Gráfico 2:** Análise de Pettitt – estação 2350048 (1977-2011)

Na análise estatística foi utilizado também o software R<sup>1</sup>, que representa uma linguagem e ambiente para computação estatística e gráfica. É um projeto GNU similar à linguagem e ambiente S desenvolvida no Bell Laboratories por John Chambers. O R disponibiliza uma grande variedade de métodos estatísticos (modelagem linear e não linear, testes estatísticos clássicos, séries temporais, classificação, métodos multivariados) e técnicas gráficas. Um dos pontos fortes do R é a facilidade com que gráficos bem delineados e de alta qualidade para impressão podem ser produzidos com possibilidade de inclusão de fórmulas e símbolos matemáticos quando necessário.

<sup>1</sup> O R é disponibilizado sob os termos da GNU General Public License da Free Software Foundation na forma de código aberto. O R pode ser compilado e roda em um grande número de plataformas UNIX e similares (incluindo FreeBSD e Linux). Também pode ser compilado e roda em Windows 9x/NT/2000 e MacOS. Informações mais detalhadas sobre o Projeto R podem ser encontradas em <http://www.r-project.org/>. O espelho brasileiro do projeto de onde os arquivos de instalação podem ser copiados está disponível em <http://cran.br.r-project.org/>, também disponível via FTP em <ftp://est.ufpr.br/CRAN>.



## I. A PLUVIOSIDADE COMO FENÔMENO GEOGRÁFICO

### I.1 - O estudo da pluviosidade: Aportes teóricos gerais

Desde a Grécia Antiga as características da atmosfera eram observadas, descritas e analisadas, tanto de forma específica quanto geral, em sua dimensão espacial e temporal por um mesmo estudioso – o naturalista. Com o surgimento da ciência moderna nos séculos XVIII e XIX, impôs-se uma fragmentação ao conhecimento, resultando nos conhecidos ramos da ciência e nas suas subdivisões disciplinares (MENDONÇA, 2002, p. 41).

Um considerável avanço nos estudos climatológicos corresponde ao conceito proposto por SORRE (1984), segundo o qual o clima pode ser definido como “*o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera acima de um lugar em sua sucessão habitual*”, ou seja, confere-lhe um caráter dinâmico. O estudo dos fenômenos atmosféricos, compartilhado entre a Meteorologia e a Climatologia, é caracterizado por uma interface que, nas diversas fases da evolução das ciências, esteve presente em numerosas áreas do conhecimento.

A Climatologia no Brasil segundo Sant’Anna Neto (2004, p. 8) “nasceu no seio das ciências naturais derivada das concepções humboldtianas da “teoria geral da Terra”, como tal, eivada de pressupostos sistemáticos e de natureza regional”.

Pode-se considerar como as três obras pioneiras sobre aspectos do clima do Brasil, que vieram a público entre o final do século XIX e início do século XX, a de Henrique Morize em 1891, a do alemão Frederico Draenert em 1896 e a de Delgado de Carvalho em 1917, pelo fato de tratarem o clima do Brasil em toda a sua extensão territorial, em busca de uma síntese e preocupações com uma proposta de classificação.

Com a expansão da rede de superfície e a organização mais sistematizada das séries temporais de dados meteorológicos e com a criação da Diretoria de Meteorologia e Astronomia junto ao Ministério da Agricultura, em 1909, pode-se afirmar que se inicia a fase madura da Climatologia no Brasil. Foram as contribuições de Adalberto Serra e Leandro Ratisbona, a partir dos anos trinta, que trouxeram valiosas informações sobre a circulação atmosférica do continente sul-americano incorporando os novos paradigmas da meteorologia sinótica da escola de

Bergen e de Chicago. Com a criação do Conselho Nacional de Geografia (IBGE) e mais fortemente nas décadas de 40 e 50, inicia-se uma das fases mais produtivas da climatologia brasileira. A partir dos anos 60, a climatologia brasileira atinge a sua maioria (SANT`ANNA NETO, 2004, p. 8).

A grande preocupação da climatologia brasileira, no decorrer das décadas de quarenta e cinquenta é o mapeamento climático á base do sistema de classificação de KOPPEN (MONTEIRO, 1969, p. 12).

A climatologia originou-se após a sistematização da meteorologia e utiliza-se dos mesmos dados básicos da meteorologia, no entanto, interessa-se particularmente pelas interações superfície-atmosfera. O intuito da climatologia “*é descobrir, explicar e explorar o comportamento normal dos fenômenos atmosféricos, visando o benefício do homem, tendo em mente que as irregularidades dos fenômenos são as regras gerais e não as exceções*” (VIANELLO; ALVES, 2000, p. 379).

A evolução dos estudos em climatologia registrou notáveis avanços quando engendrou a análise da dinâmica do ar e evidenciou a necessidade do tratamentos dos fenômenos atmosféricos que ocorrem de forma eventual ou episódica, pois observou-se que são estes os que causam maior impacto às atividades humanas em geral.

A análise climática elaborada quase exclusivamente baseada nas condições médias dos elementos atmosféricos revelou-se insatisfatória para o equacionamento dos problemas relativos à produtividade econômica e ao meio ambiente (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 15).

Voltada ao estudo da espacialização dos elementos e fenômenos atmosféricos e de sua evolução, a Climatologia integra-se como uma subdivisão da meteorologia e da Geografia. Esta última compõe o campo das ciências humanas e tem como propósitos o estudo do espaço geográfico a partir da interação da sociedade com a natureza. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 14).

Constata-se que até meados da década de 1960, as pesquisas climatológicas brasileiras não tinham como objeto principal o enfoque dinâmico do clima. Assim, sempre enfatizando as descrições (método separativo), as pesquisas referentes à gênese climática, à ação do clima e sua repercussão na sociedade, não eram tidas como preocupações primordiais. Os ideais de ruptura das pesquisas deterministas e separatistas ocorreram, principalmente, pelas contribuições de Sorre (1951). Ele

rompe com a idéia determinista que havia anteriormente, partindo para uma nova concepção de climatologia, definindo o clima como a série de estados atmosféricos sobre um lugar na sua sucessão habitual e compreendendo a climatologia como geográfica. A partir de Sorre dois grandes pesquisadores Pedelaborde (França) e Monteiro (Brasil) passam a ser o referencial das pesquisas no ramo da Climatologia. (ANDRIUCCI; SANT`ANNA NETO, 2006, p. 105).

A evolução dos pressupostos da climatologia, que trata do estudo geográfico dos climas, assim com diversas correntes de pensamento geográfico, sofreu mudanças e influências ao longo do tempo. As concepções metodológicas dos fenômenos climáticos eram determinadas pelos ideais propostos pelos seus principais representantes. A Climatologia Tradicional teve como principal característica a análise isolada dos elementos meteorológicos, destacando os aspectos quantitativos e descritivos dos fenômenos resultando em abstrações. Com o objetivo de incorporar aos estudos climáticos uma abordagem qualitativa e dinâmica dos fenômenos, surge a Climatologia Dinâmica, que introduz o conceito de “ritmo” e “sucessão”.

No âmbito da Geografia, o enfoque dinâmico e suas relações com a organização do espaço é tratado nas obras de Linton de Barros, de Edmon Nimer e, principalmente de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, cuja interpretação dos novos paradigmas elaborados por Maximilien Sorre e na crítica da abordagem de Pierre Pédélaborde, propõe um novo paradigma para a Climatologia Geográfica no Brasil, a partir da noção de ritmo. (SANT`ANNA NETO, 2004, p. 9).

Com a criação do Instituto de Estudos Espaciais (INPE), já na década de 70, a Meteorologia dá um salto qualitativo com a incorporação de novas tecnologias computacionais e utilização de satélites, radares e sondas.

Um dos marcos fundamentais na bibliografia climatológica brasileira foi, sem dúvida, segundo Monteiro (1969, p. 11) “o estudo Ondas de Frio na Bacia Amazônica de SERRA e RATISBONNA (1941), onde a interpretação da “friagem”, até então simploriamente admitida como resultante do degelo da cordilheira andina, é colocada em seus devidos termos. A importância das invasões das massas de ar polares na América do Sul passava a ser equacionada em sua verdadeira significação geográfica.

Diferentes definições surgiram para conceituar o clima, sendo que dentre as principais pode-se destacar:

O conceito elaborado por Hann apud Sant`Anna Neto (2004, p. 55) no final do século XIX, considera que o clima “*é o conjunto dos fenômenos meteorológicos que caracterizam a condição média da atmosfera sobre cada lugar da Terra*”;

Segundo Koeppen (1923) apud Maack (1981, p. 175): “*Como clima compreendemos o estado médio e o decurso comum do tempo num determinado lugar*”;

A Organização Meteorológica Mundial (OMM, 1960) coloca que o clima “*representa o estado médio da atmosfera caracterizado pela temperatura, umidade, vento, chuva, pressão, radiação solar etc, em um período de no mínimo 30 (trinta anos) de observação*”;

Para Monteiro (1962) o clima pode ser definido segundo Sorre (1943), como “*o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera acima de um lugar em sua sucessão habitual*”;

A definição pelo glossário IPCC (2000) é:

Clima, num sentido restrito é geralmente definido como “tempo metereológico médio”, ou mais precisamente, como a descrição estatística de quantidades relevantes e mudanças do tempo metereológico num período de tempo, que vai de meses a milhões de anos. O período clássico é de 30 anos, definido pela Organização Mundial de Metereologia (OMM). Essas quantidades são geralmente variações de superfície como temperatura, precipitação e vento. O clima num sentido mais amplo é o estado, incluindo as descrições estatísticas, do sistema metereológico;

De acordo com o Ayoade (1996, p.02) “*clima é a síntese do tempo num dado lugar durante um período de aproximadamente 30-35 anos sendo o mesmo um dos componentes mais importantes do meio ambiente, afetando diretamente os processos geomorfológicos, pedológicos e o crescimento e desenvolvimento vegetal*”.

Segundo Monteiro (1999, p. 10):

Quando enunciamos que o clima de um lugar (espaço) é resultante do comportamento dinâmico mais habitual ou recorrente da atmosfera, cronologicamente desenvolvido (tempo) sobre aquele dado lugar, teremos o problema de definir que lugar é este. Ele pode variar desde o globo terrestre, passando pelos continentes, regiões, países até atingir um dado lugar (ponto) que pode ser uma pequena ilha, uma grande, média ou pequena cidade que, por sua vez, poderá ser subdividida em bairros, setores, ruas, etc.

Ao longo do século XX, principalmente na segunda metade, vários trabalhos caracterizaram o clima da Região Sul do Brasil ou das suas Unidades Federativas. Nestes trabalhos, segundo Rossato (2011, p. 3) “chamam à atenção, aspectos comuns como a regularidade, tanto espacial, quanto em volume, das precipitações e a diferenciação marcada da temperatura ao longo das estações do ano”.

Em 1964, Monteiro, através do trabalho “A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo”, implementou na forma de atlas sua proposta de classificação genética para o Estado de São Paulo. Neste estudo, o sul do Estado, na zona subtropical, integra-se no grupo dos climas controlados pelas massas tropicais e polares, individualizando-se sob tipo dos climas permanentemente úmidos das margens orientais e subtropicais dos continentes, influenciado pela Frente Polar, mas dominado por massa tropical marítima.

Segundo Prado et. al. (2006), em São Paulo o efeito topográfico é marcante nas regiões da Serra do Mar, Serra da Mantiqueira, Serra dos Agudos e Serra de Botucatu onde os índices pluviométricos tendem a serem maiores do que em áreas sem acentuada topografia.

Os altos índices pluviométricos ao longo da Serra do Mar de São Paulo indicam o efeito da brisa marítima e a circulação de vale de montanha favorecido pela proximidade do Oceano Atlântico e a orientação da costa paulista.

Nery & Vargas (1996), estudaram a precipitação do Brasil meridional, incluindo os estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e observaram que no período úmido (outubro a março) as precipitações são determinadas por sistemas convectivos, e no período seco (abril a setembro) pelos frontais.

Segundo Nogarolli (2007, p. 62), o regime pluviométrico no Estado do Paraná é caracterizado por apresentar uma boa distribuição de chuvas durante o ano, com maior concentração nos meses de verão tendo o período mais seco nos meses de inverno.

O Estado do Paraná apresenta uma estrutura de precipitação influenciada por sistemas frontais, pela orografia, pela continentalidade e por brisa marítima. No inverno são predominantes as chuvas devido às massas polares, enquanto no verão os sistemas convectivos são os mais atuantes, provocando uma maior variabilidade das estações entre si.

Ao analisar a dinâmica pluviométrica no Rio Grande do Sul, Rossato (2011) ressalta que a gênese das precipitações neste Estado está ligada aos sistemas frontais, que estão associados à cerca de 58-77% mm de precipitação registrados durante o ano. Os sistemas polares respondem por 11-24% da chuva, o que corrobora com a ideia de que as chuvas no RS estão relacionadas ao deslocamento de sistemas frontais. Bem menos expressivos, os sistemas tropicais são responsáveis por menos de 5% das precipitações na maior parte do estado do Rio Grande do Sul. No mesmo trabalho, a autora desenvolveu um estudo analítico do clima do estado do Rio Grande do Sul, com foco na variabilidade espaço-temporal dos elementos climáticos-meteorológicos e na abordagem de suas tendências, tendo como referência as classificações climáticas da área.

No trabalho sobre o Paraná, Nascimento Junior (2011), analisou a variabilidade interanual e decadal das chuvas no Estado na tentativa de buscar possíveis correlações com os fenômenos El Niño Oscilação Sul e a Oscilação Decadal do Pacífico.

No estudo de Monteiro (2007) sobre a dinâmica atmosférica e a caracterização dos tipos de tempo na bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, o autor destaca que os diversos sistemas que atuam no Sul do Brasil imprimem uma dinâmica climática bastante acentuada, com boa distribuição de chuva no decorrer do ano, tendo em vista que todos os sistemas instáveis são produtores de chuva e até mesmo os de tempo estáveis são favoráveis à ocorrência de chuva na região quando em deslocamento pelo Atlântico.

Baldo (2006), no estudo sobre a variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do rio Ivaí-PR, observou que a participação dos sistemas frontais com diferentes intensidades no decorrer do ano apresentou estreita ligação com a distribuição da pluviosidade e suas irregularidades, e que não é tanto a quantidade de passagens frontais que repercute na gênese da pluviosidade, mas a associação de suas características com outros mecanismos e combinações é que produz efeitos significativos.

Britto (2004) destacou que na escala de tempo anual duas regiões principais podem ser identificadas em relação aos valores totais no Estado do Rio grande do Sul. No norte do Estado chove mais que no sul. Os sistemas atmosféricos que atuam associados com a orografia, explica a maior pluviosidade no norte do Estado. Nesta região atuam no verão sistemas de origem tropical, enquanto o sistema frontal

tende a ficar estacionário ou desviar para o oceano na altura de Porto Alegre. Deste modo observa-se que na região norte do Estado o clima apresenta características de subtropical úmido das costas orientais, enquanto a porção sul aproxima-se das características do subtropical mediterrâneo.

Para Borsato (2006) ao analisar a dinâmica atmosférica e a gênese das chuvas na bacia do Rio Paraná no período de 1980 a 2003, destaca-se que no Centro-Sul do Brasil, a gênese das chuvas está condicionada à influência ou domínio das massas de ar Polar Atlântica, Tropical Atlântica e a Equatorial Continental. Mudanças na dinâmica dessas massas de ar implicariam em alterações nos padrões pluviométricos e a conseqüências incluiriam alteração na vazão dos rios, no potencial hídrico, na perda de solos pela erosão hídrica, nas atividades agropecuárias e na necessidade de os ecossistemas buscarem um novo equilíbrio.

### I.1.1 – Escala de Estudo

A escala de estudo de todo e qualquer objeto que se quer investigar conduz à delimitação da sua dimensão. O ponto de vista geográfico relaciona a escala à dimensão espaço-temporal dos componentes terrestres, sendo o clima um deles. A definição da escala do clima impõe-se a todo estudo ligado a esse ramo do conhecimento, uma vez que ele se manifesta em todos os locais do Planeta (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 21).

Para Monteiro (1969, p. 12), “o tratamento dinâmico na análise regional é válido em qualquer das escalas geográficas do clima em que se lhe coloque”.

As escalas espaciais dividem-se em: macroclimática, mesoclimática e microclimática e as temporais mais utilizadas são: geológica, histórica e contemporânea (Figura 4).

ORDEM DE GRANDEZA	SUBDIVISÕES	ESCALA HORIZONTAL	ESCALA VERTICAL	TEMPORALIDADE DAS VARIAÇÕES MAIS REPRESENTATIVAS	EXEMPLIFICAÇÃO ESPACIAL
<b>MACROCLIMA</b>	CLIMA ZONAL	>2.000 Km	3 a 12 Km	Algumas semanas a vários decênios	O globo, um hemisfério, oceano, continente, mares, etc.
	CLIMA REGIONAL				
<b>MESOCLIMA</b>	CLIMA REGIONAL	2.000 Km a 10 Km	12 Km a 100 m	Várias horas a alguns dias	Região natural, montanha, região metropolitana, cidade, etc.
	CLIMA LOCAL				
	TOPOCLIMA				
<b>MICROCLIMA</b>		10 Km a Alguns Metros	Abaixo de 100 m	De minutos ao dia.	Bosque, uma rua, uma edificação/casa, etc.

**Figura 4:** Organização das escalas espaciais e temporal do clima

Fonte: Mendonça, Danni-Oliveira (2007, pg. 23)

Em relação à escala de análise do clima, Danni-Oliveira e Mendonça (2007, p. 23), propõem uma classificação da seguinte forma:

-*Macroclima*: é a maior das unidades climáticas e compreende áreas muito extensas da superfície da Terra. Sua abrangência vai desde o planeta como um todo (*clima global*), passando por faixas ou zonas (*clima zonal*) até extensas regiões (*clima regional*). A extensão espacial dos climas desta unidade escalar é, genericamente, superior à ordem de milhões de Km<sup>2</sup>, sendo que sua definição está afeta à circulação geral da atmosfera (notadamente as células de altas e baixas



pressões), a fatores astronômicos e fatores geográficos maiores (grandes divisões do relevo, oceano, continente, etc.) e à variação da distribuição da radiação no planeta (baixas e altas latitudes);

-*Mesoclima*: é uma unidade intermediária entre as de grandeza superior e inferior do clima. As regiões naturais interiores aos continentes, inferiores às aquelas da categoria superior, como grandes florestas, extensos desertos ou pradarias, etc. são bons exemplos desta subunidade, pois a região, por si só, não possui delimitações espaciais precisas, a não ser por um ou outro elemento de destaque da paisagem. O *clima regional*, por esta característica, é uma subunidade de transição entre a ordem superior e esta. O *clima local* e o *topoclima* também se configuram em subunidades do mesoclima. O primeiro é definido por aspectos específicos de determinados locais como uma grande cidade, um litoral, uma área agrícola, uma floresta, etc., enquanto o segundo é definido pelo relevo; ambos, entretanto, estão inseridos dentro do *clima regional*. A extensão espacial do mesoclima é bastante variável, sendo mais definidas as sub-unidades clima local e topoclima, que se enquadram no km<sup>2</sup> à dezena de km<sup>2</sup>, enquanto o clima regional situa-se em dimensões superiores a esta. Mas é o dinamismo do movimento da atmosfera através dos sistemas atmosféricos, notadamente a circulação secundária ou regional que irão definir as dimensões das subunidades do mesoclima. O fluxo energético estabelecido pelas diferentes superfícies locais e a configuração topográfica definem a ordem de grandeza do clima local e do topoclima;

-*Microclima*: é a menor e a mais imprecisa unidade escalar climática; sua extensão pode ir de alguns centímetros a até algumas dezenas de metros quadrados, tendo autores que consideram até à centena de m<sup>2</sup>. Os fatores que definem esta unidade dizem respeito ao movimento turbulento do ar junto à superfície (circulação terciária), a determinado obstáculos à circulação do ar, a detalhes do uso e ocupação do solo, dentre outros. Quando se fala em microclima, geralmente, fala-se de áreas com extensão espacial muito pequena; podem ser citados como exemplos o clima de construções (uma sala de aula, um apartamento), o clima de uma rua, a beira de um lago, etc.

Em relação às escalas espacial e temporal, na área de estudo foram selecionadas a macroclimática e contemporânea. É dentro desta escala temporal que trabalha a maioria dos climatólogos da atualidade. Para a elaboração de estudos dentro dela, é preciso que haja uma série de dados meteorológicos

produzidos por uma ou mais estações meteorológicas, de preferência superiores a 30 anos. A análise dos tipos de tempos, a variabilidade climática de curta duração, as tendências climáticas e o estabelecimento de médias são abordagens da Climatologia em escala contemporânea (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 25).

## **I.2 - Mudanças climáticas globais e suas repercussões regionais e locais**

Os relatórios do IPCC<sup>2</sup> divulgados em 2007, 2010, 2013 e 2014, por ocasião de várias reuniões promovidas por diversas entidades e governos, e por ele canceladas, afirmam que cerca de 90% do aquecimento atmosférico observado na Modernidade é resultante das atividades humanas (MENDONÇA, 2014, p. 8).

Analisando as pesquisas, as mesmas colocam que existem fortes evidências de que as ações humanas estão aumentando a concentração dos gases de efeito estufa, sendo os principais: vapor d'água, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), o metano (CH<sub>4</sub>), os óxidos nitrosos (N<sub>2</sub>O)...etc. Isso devido ao crescente uso de energia fóssil, urbanização, padrões de uso do solo, desmatamento e queimadas..

Se o homem foi capaz de se adaptar a determinados tipos climáticos, o que se pergunta é se o mesmo é capaz de modificá-lo a partir das suas ações.

Atualmente, com o desenvolvimento das sociedades, métodos de produção e consumo, a preocupação maior parte do entendimento sobre as influências causadas pelo homem no clima e, conseqüentemente aos efeitos deste sobre a sociedade. Com o clamor em relação às mudanças climáticas, atribuídas pela maioria da comunidade científica as ações humanas e em menor número à dinâmica natural da Terra, muitas questões acerca do assunto continuam sem resposta.

A climatologia representa uma ciência importante dentro deste ponto de vista e essencial nas análises que envolvem as questões ambientais. Voltada ao estudo da espacialização dos elementos e fenômenos atmosféricos e de sua evolução, a Climatologia integra-se como uma subdivisão da meteorologia e da Geografia. Esta última compõe o campo das ciências humanas e tem como propósitos o estudo do espaço geográfico a partir da interação da sociedade com a natureza (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 14).

Nas últimas décadas tornou-se evidente uma crescente preocupação em relação ao meio-ambiente, em especial sobre o clima do planeta, observada principalmente em artigos e pesquisas científicas, nas mudanças de atitudes das pessoas e em políticas públicas gerais.

---

<sup>2</sup> IPCC – Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas. Organismo criado em 1988 pela Assembleia Geral da ONU para tratar das mudanças climáticas globais e que conta com representantes de muitos países do mundo; o Brasil tem sido ali representado principalmente por cientistas ligados ao INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e também por membros do ministério da Ciência e Tecnologia.

As mudanças climáticas tornaram-se assunto de pauta em reuniões científicas e governamentais em âmbito nacional e internacional. Com a crescente ênfase que esta temática vem demonstrando nos últimos anos, cresce também a importância e necessidade de estudos.

A partir da década de 70, as discussões acerca das questões ambientais tomaram mais destaque. Entre os principais eventos ocorridos, estão a I Conferência sobre Meio Ambiente promovida pela ONU (organização das nações unidas) em Estocolmo na Suécia. No Brasil, destaca-se a Conferência Mundial Eco-92 realizada no Rio de Janeiro, tendo como uma das principais discussões, a redução das emissões de gases estufa e a elaboração da Agenda 21. Outro marco nas discussões acerca das mudanças climáticas foi o protocolo de kyoto em conferência realizada no Japão em 1997.

A preocupação dos cientistas ligados ao tema passou a perdurar na população através dos meios de comunicação, bem como se tornou pauta de discussão das organizações nacionais e internacionais.

Os questionamentos em relação a este assunto referem-se:

- qual o grau de certezas e incertezas dos resultados até então apresentados?
- quais os fatores que devem ser considerados? O que é realidade e o que não passa de puro sensacionalismo?
- as mudanças climáticas verificadas no âmbito global apresentam a mesma dinâmica na escala regional?.

Os relatórios do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas<sup>3</sup> (PBMC) destacam que:

- o Brasil é um país de dimensões continentais, apresentando grande diversidade de regimes climáticos e de influências sobre seu clima, o que certamente dificulta a aquisição de séries de dados observacionais de mais longo período (cobrindo, por exemplo, o início do século XX);
- as séries temporais climáticas são um indicador das interações complexas do sistema climático terrestre, representando um efeito combinado de oscilações em diversas escalas de tempo que são naturais do sistema climático de ações

---

<sup>3</sup> O PBMC é um organismo científico nacional criado pelos Ministérios da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e do Meio Ambiente (MMA). Com estrutura espelhada no Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas, o PBMC objetiva fornecer avaliações científicas sobre as mudanças climáticas de relevância para o Brasil, incluindo os impactos, vulnerabilidades e ações de adaptação e mitigação.

antrópicas. A separação de variações naturais das alterações antrópicas geralmente é uma tarefa difícil, pois é muitas vezes baseada em séries temporais de observações feitas durante períodos relativamente curtos. Sendo assim, é necessária cautela na atribuição das causas das variações observadas;

- a mudança climática, definida pelo IPCC, refere-se a qualquer mudança do clima ao longo do tempo, seja devido à variabilidade natural ou como resultado da atividade humana. Esse uso difere daquele da Convenção Quadro sobre Mudanças Climáticas, onde a mudança climática é atribuída direta ou indiretamente à atividade humana que altera a composição da atmosfera do planeta e que se soma à variabilidade climática natural observada ao longo de períodos de tempo comparáveis;

- A modelagem climática global e regional tem tido grandes avanços nos últimos anos, em termos da representação de processos e fenômenos críticos para estudo das mudanças do clima. O Brasil tem se destacado nessa área, pelo desenvolvimento de modelos atmosféricos regionais e globais, atmosféricos e acoplados oceano-atmosfera.

Estamos defronte a grandes incertezas e dúvidas em relação ao Aquecimento Global. As especulações e modelos de previsão trazem a tona resultados de intensas discussões, sendo as mesmas não aceitas em sua totalidade de ideias e informações. O fato é que toda a discussão acerca do assunto trouxe a tona e despertou na sociedade a preocupação em relação ao meio ambiente, porém os fatos previstos principalmente para os próximos 100 anos referente às mudanças climáticas carece ainda de mais informação e discussão para poder ser aceita como os modelos apresentam.

Poucos dados meteorológicos comprometem os estudos em relação às mudanças climáticas, sendo que poucas regiões apresentam séries de temporalidade mínima para se estabelecer resultados mais precisos e que possibilitem analisar as variações climáticas. Regiões como a Amazônia, bem como nos países menos desenvolvidos como os Africanos, possuem uma rede de estações que não abrange o espaço por completo.

A comunidade científica tem assinalado fortemente que importantes mudanças climáticas já estariam em curso no planeta. Todavia, deve-se ter em mente que alterações constantes são uma característica primária do planeta, registradas ao longo de toda a sua história. Assim, o ponto central da discussão

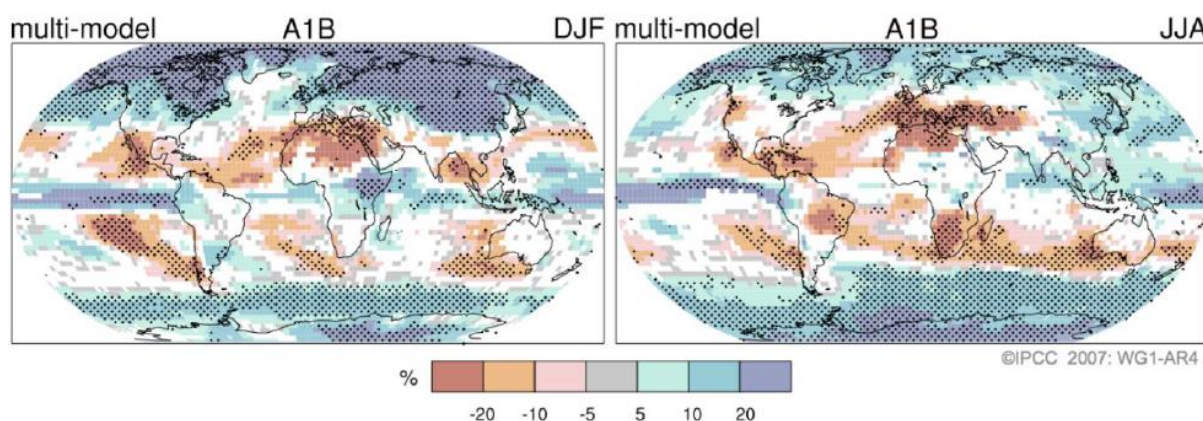
atual sobre mudanças climáticas é a forma em que as atividades humanas têm modificado o equilíbrio planetário, incluindo alterações nos processos e em suas velocidades. (NUNES, 2003, pg. 101).

Uma primeira questão que se coloca aos cientistas segundo Bessat (2003, pg. 11) é a de precisar como a mudança climática global se traduzirá nas escalas regionais e locais para os diferentes países. Esta questão é difícil: quais serão os novos regimes das precipitações, a nova repartição anual das temperaturas, o agravamento dos riscos de eventos meteorológicos excepcionais? As respostas apresentadas pelos cientistas, fundadas sobre os dados disponíveis hoje, ainda são, apesar de tudo, parciais e mostram tanto o real avanço dos conhecimentos sobre o tema e a extensão do trabalho de pesquisa que há a completar.

Considerando que, segundo Rossato (2011, p. 10) “o termo mudanças climáticas é indicado para mudanças em escala geológica de tempo (em milhares ou milhões de anos), enquanto a variabilidade indica mudanças em período de tempo perceptíveis na escala humana (anos ou décadas)”, neste estudo utilizaremos os conceitos de variabilidade e tendência pluviométrica.

Nesta perspectiva muitos trabalhos demonstraram as possíveis tendências e variabilidades da pluviosidade nos contextos globais, nacionais e regionais.

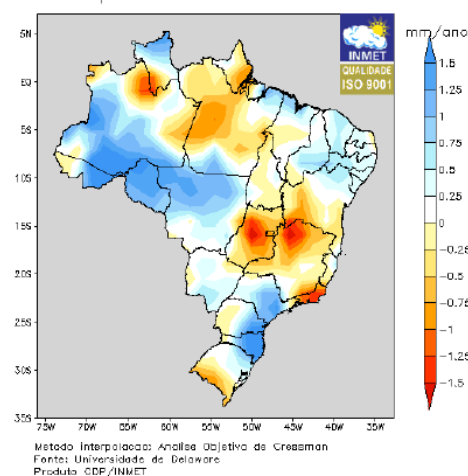
Conforme os registros climatológicos históricos as precipitações no Brasil são regidas por ciclos interanuais e interdecadais naturais. Entretanto, projeções dos modelos climáticos do IPCC como por exemplo o cenário A1B (Figura 5) prognosticam cenários futuros de escassez hídrica para os meses de junho, julho e agosto e aumento do total pluviométrico para os meses de dezembro, janeiro e fevereiro para a região Subtropical do Brasil (IPCC, 2007).



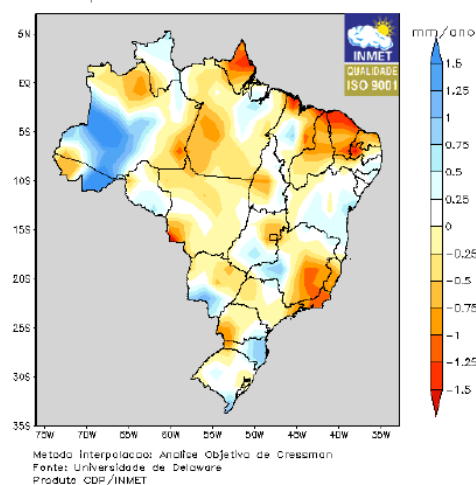
**Figura 5:** padrões de mudança nas precipitações projetados pelos modelos do IPCC 2007.

No conjunto de mapas (figura 6) a seguir são ilustradas as tendências de mudanças anuais de 1961 a 2008 na pluviometria acumulada durante os meses do ano em todo no Brasil segundo o Instituto Nacional de Meteorologia:

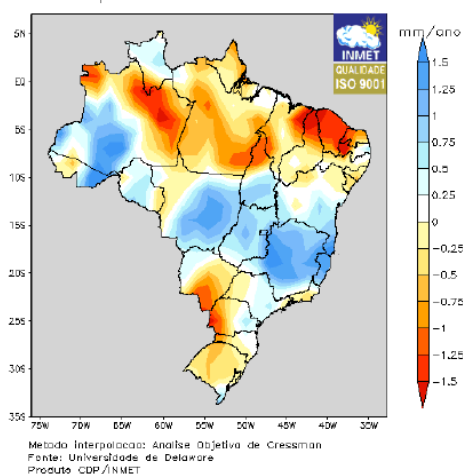
Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008  
Precipitação Acumulada de JANEIRO



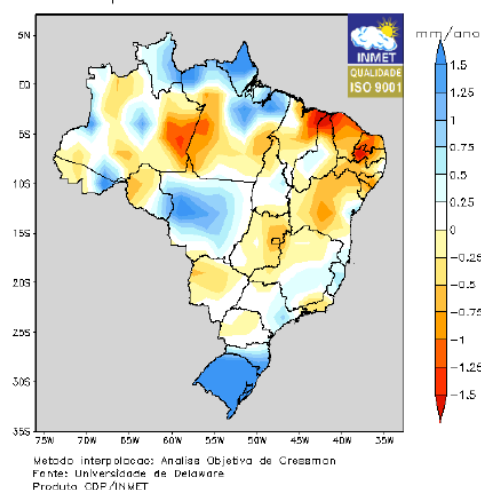
Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008  
Precipitação Acumulada de FEVEREIRO



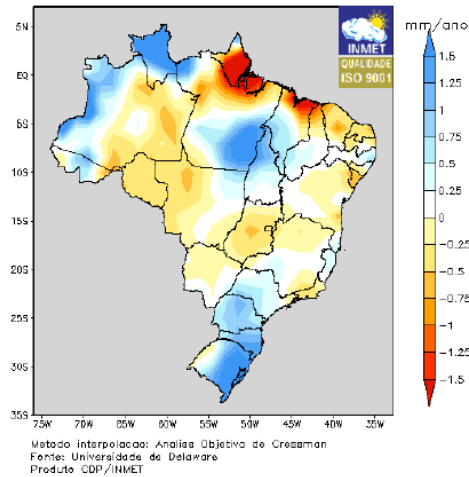
Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008  
Precipitação Acumulada de MARÇO



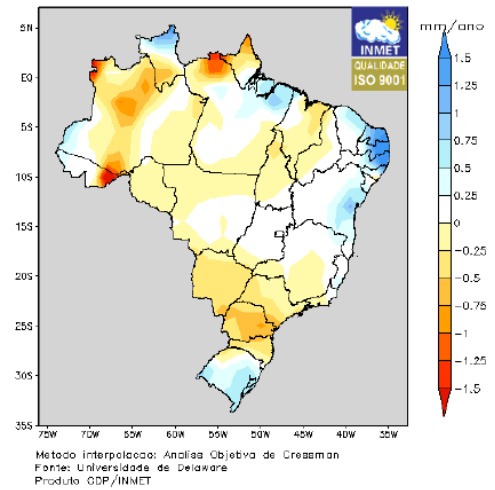
Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008  
Precipitação Acumulada de ABRIL



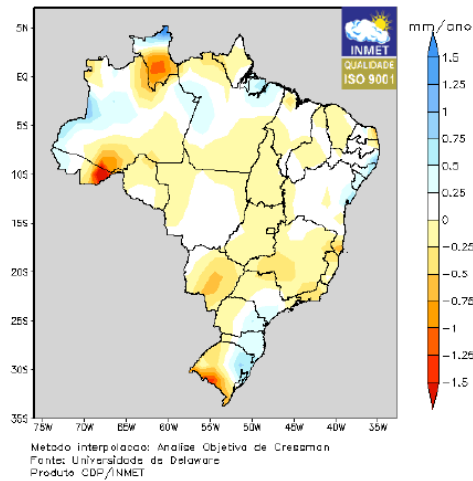
Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008  
Precipitação Acumulada de MAIO



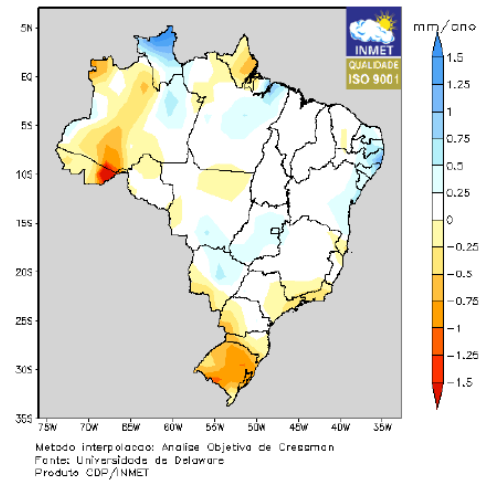
Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008  
Precipitação Acumulada de JUNHO



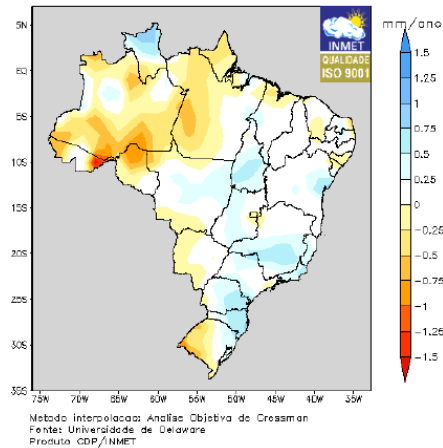
Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008  
Precipitação Acumulada de JULHO



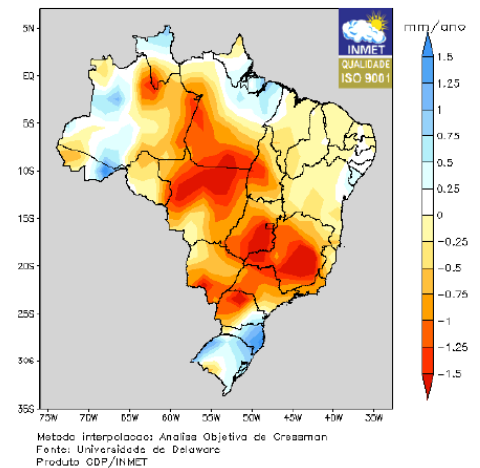
Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008  
Precipitação Acumulada de AGOSTO



Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008  
Precipitação Acumulada de SETEMBRO

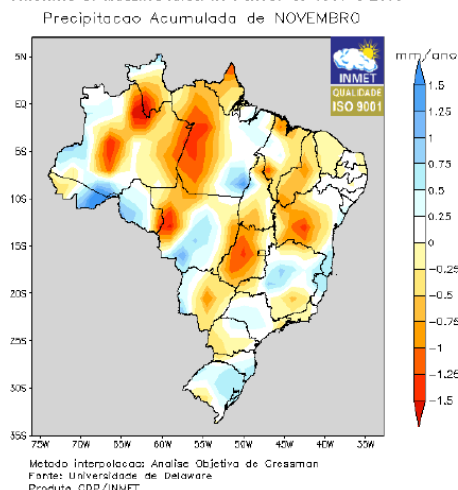


Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008  
Precipitação Acumulada de OUTUBRO

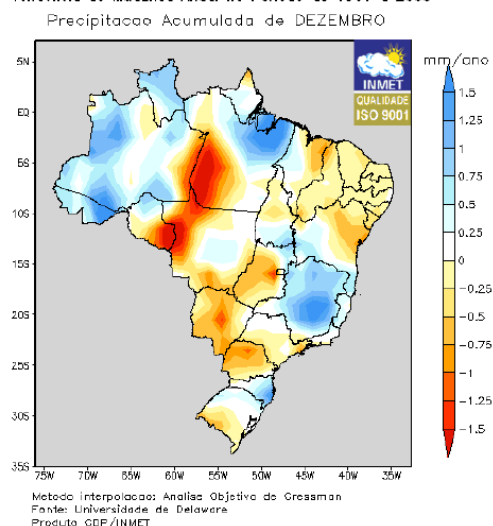




Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008



Tendência de Mudança Anual no Período de 1961 a 2008

**Figura 6:** Tendência de Mudança Anual

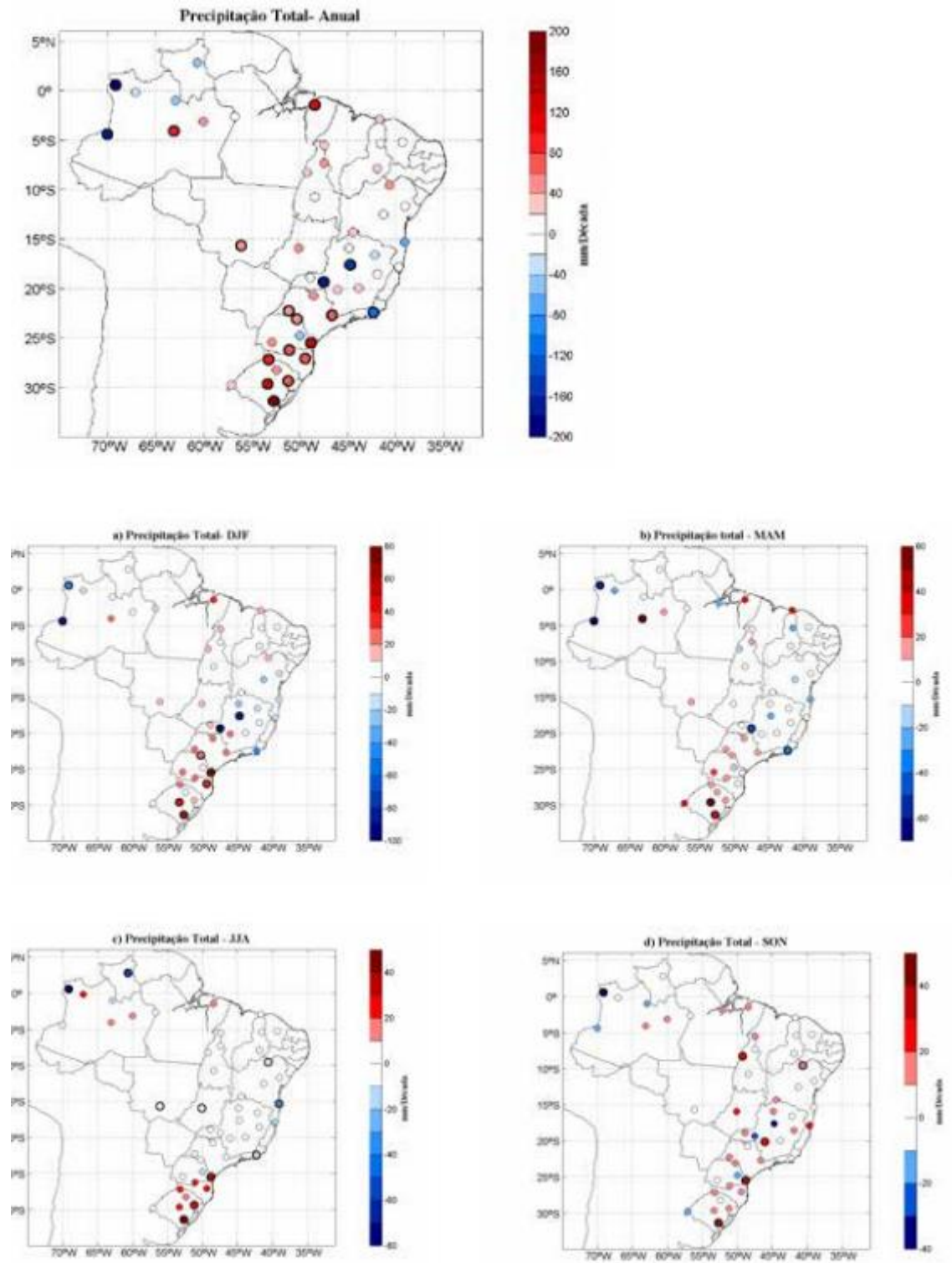
Fonte: INMET (2008)

Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no período de 1961 a 2008 as tendências pluviométricas se estabeleceram de forma variada no país, o que reforça os inúmeros fatores que podem estar atrelados as variabilidades apresentadas. Analisando a região de domínio subtropical, os resultados mostram que em janeiro a tendência no período foi positiva principalmente na parte leste, predominando em todo o Estado de Santa Catarina. Já em fevereiro predominou tendências negativas mas com baixa intensidade com destaque para o Paraná. Os meses de março e abril apresentaram diferenças significativas, predominando no primeiro mês a tendência negativa e no segundo a tendência positiva com elevações acima de 1,5 mm no ano. O mês de maio manteve as tendências do mês anterior com ampliação da área com aumento pluviométrico. Em junho destaca-se a tendência negativa, principalmente no Paraná acompanhando os resultados das regiões sudeste e centro-oeste do Brasil. Em julho e agosto predominou a tendência negativa principalmente no segundo mês, sendo um resultado preocupante por serem meses historicamente de baixo índice pluviométrico para a região. Nos meses de primavera, na maior parte da região destaca-se a tendência positivo, sendo que os valores negativos mais significativos foram registrados no norte e noroeste do Paraná, o que reforça a influência tropical nestas áreas. No mês de dezembro destacam-se os valores positivos em Santa Catarina em relação aos negativos nas

demais áreas, o que ressalta a influência da dinâmica atmosférica nos índices pluviométricos.

Estes resultados são importantes, mas carecem de um aprofundamento, principalmente considerando a região de Clima Subtropical onde o número de estações utilizadas pelo INMET para representar as tendências é limitado, não passando de 30 pontos.

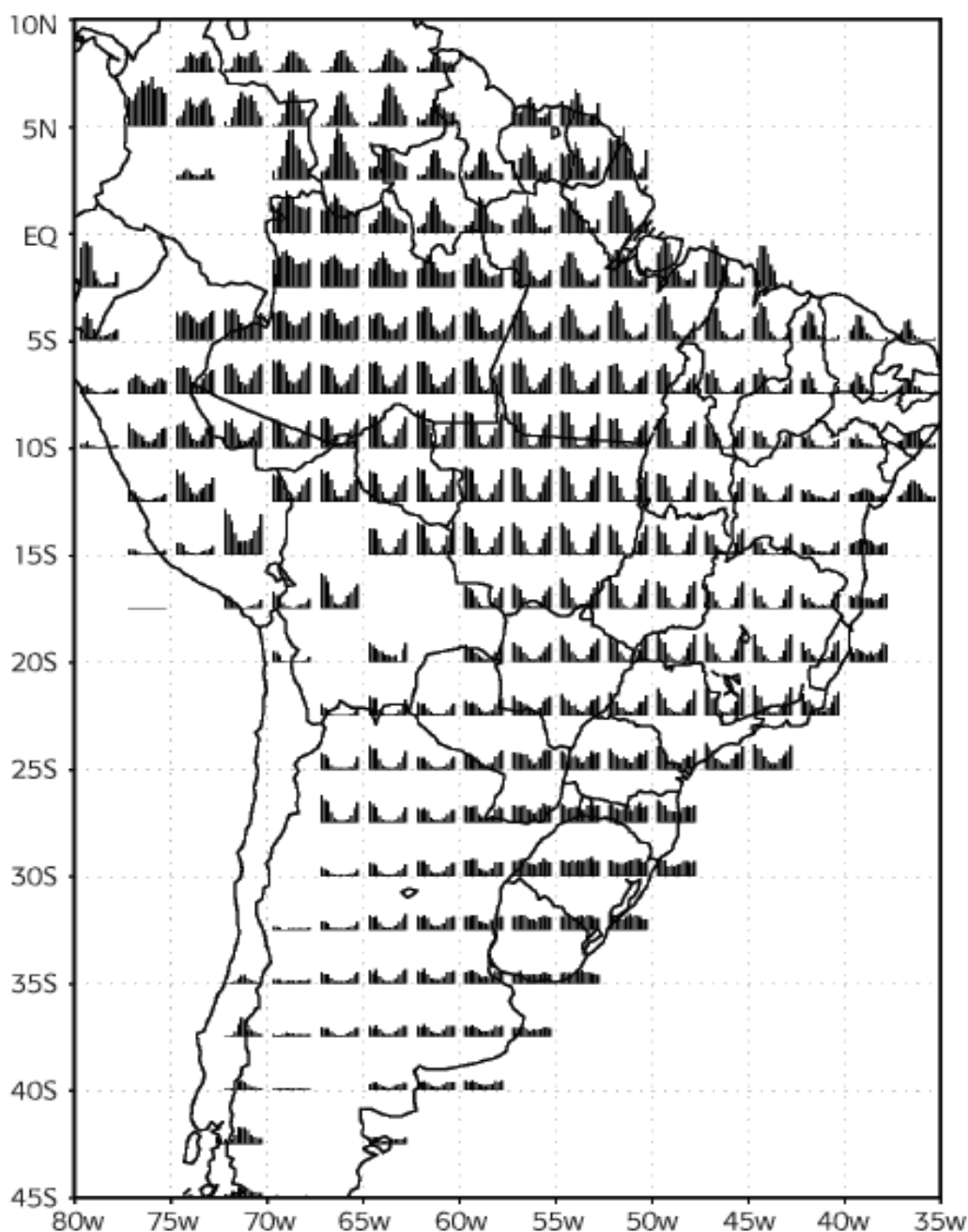
Obregon e Marengo (2007) analisando as tendências pluviométricas anuais e sazonais no Brasil (Figura 7) encontraram tendências negativas no norte e oeste da Amazônia, positivas no sul da Amazônia, positivas no Centro-Oeste e Sul do Brasil, ausência de tendência no Nordeste. Contudo, tais tendências podem dever-se à mudança de fase de modo de variabilidade interdecenal no período analisado. As estações de verão (DJF) e outono (MAM) apresentam padrões similares ao da tendência anual, com valores que variam de acordo com a estação chuvosa de cada região. Nas outras estações, a distribuição é relativamente diferente e a intensidade das tendências é menor. Ressalta-se que no extremo noroeste da Amazônia e na Região Sul as tendências seguem padrões similares que ao do total anual. Já no Centro-Leste do Brasil (MG, BA, ES) as tendências na primavera e verão são opostas na maioria das estações, o que é consistente com a relação entre os primeiros modos interdecenais de primavera e verão.



**Figura 7:** Tendência da precipitação anual e sazonal (1951-2000)

Fonte: Obregón e Marengo, 2007)

Na Figura 8 são mostrados os regimes sazonais médios de precipitação da América do Sul. O ciclo sazonal das chuvas é afetado pelas variações interanuais, que pode produzir alterações no ciclo de chuvas, como, por exemplo, a ocorrência de seca durante a estação chuvosa, ou mesmo uma estação chuvosa abundante. Destaca-se que uma importante fonte de variabilidade interanual são os eventos El Niño e La Niña.



**Figura 8:** Ciclos anuais de precipitação (1950-2050) – Fonte: PBMC,2015

Os relatórios do IPCC apontam que na parte baixa da Bacia Hidrográfica dos rios Paraná e da Prata, a maioria dos modelos indica aumento de precipitação, principalmente no verão (DJF).

Pinheiro *et. al.* (2013) ao analisar as tendências das séries temporais de precipitação da Região Sul do Brasil, verificou uma tendência positiva dos máximos diários anuais ao longo do tempo, assim como significativa elevação dos totais mensais e anuais na maioria das estações. O teste de tendência de Mann-Kendal mostrou mudanças estatisticamente significativas, ao nível de 95%, em 16 das 18 estações pluviométricas analisadas.

Cera e Ferraz (2011) verificaram num estudo que a maioria das estações pluviométricas no Sul do Brasil apresentaram tendência de aumento do total anual (1981-2007), sendo que no verão é que algumas estações tenderam a diminuição.

No trabalho sobre indicadores de tendências climáticas para a região Sul do Brasil, Mendonça (2014, p.11), ressalta que as tendências pluviométricas observadas para a região Sul do país corroboram as concepções que associam a intensificação do aquecimento à elevação da umidade, ali manifestada no incremento da pluviosidade. As alterações no regime e no total das chuvas não são muito expressivas, elas se manifestam principalmente na concentração da queda d'água da atmosfera em eventos pluviais da vez mais extremos, ou seja, a elevação nos totais pluviométricos não significa nem uma melhor distribuição sazonal nem espacial das chuvas no âmbito regional.

### **I.3 - Eventos climáticos extremos e seus impactos/riscos socioambientais**

Eventos extremos de precipitação são relacionados com inundações, enchentes, deslizamento de morros, que causam destruição em cidades e lavouras, perdas de vidas, afetando vários setores da sociedade. Em uma escala de tempo maior (mensal ou sazonal), as secas ou excesso de precipitação também afetam a sociedade e a economia do país, pelas perdas agrícolas ou pela redução de recursos hídricos que influi na geração de energia.

Os eventos extremos podem ser entendidos como dinâmicas que fogem do padrão da variação estabelecida a partir de medições e dados históricos. Destaca-se que este conceito também está diretamente ligado à vulnerabilidade e à exposição dos espaços afetados.

Nas áreas urbanas a vulnerabilidade as chuvas extremas está associada principalmente aos aspectos ligados ao planejamento urbano deficiente, como a construção de residências em áreas de risco.

A evolução dos estudos em Climatologia registrou notáveis avanços quando engendrou a análise da dinâmica do ar e evidenciou a necessidade do tratamento dos fenômenos atmosféricos que ocorrem de forma eventual ou episódica, pois observou-se que são estes os que causam maior impacto às atividades humanas em geral (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 15).

Os eventos extremos atuam em partes como responsáveis dos desastres naturais, por acontecerem sem previsão de intensidade exata e imediata na maioria das vezes. Conhecer a dinâmica destes fenômenos bem como as áreas mais propícias a serem afetadas ajudam nos trabalhos de medidas preventivas diminuindo a vulnerabilidade das áreas afetadas.

O estudo do caótico e o desafio de se analisar o que não segue uma seqüência ordenada como os fenômenos atmosféricos extremos é o que torna o estudo da variabilidade climática tão complexa e dos modelos atmosféricos tão polêmicos e debatidos (LENOIR, 1995 apud BEREZUK et al, 2006, p. 10).

A complexidade do sistema climático, que envolve inúmeros fatores num comportamento não-linear dificulta as análises de previsão. Dentro deste sistema, uma pequena mudança de algum elemento climático, poderá surtir efeitos diversos em toda a dinâmica atmosférica.

Segundo o Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2015), as Regiões Sul e Sudeste do Brasil são altamente vulneráveis com relação a eventos extremos de precipitação, devido à alta concentração demográfica e por estarem sujeitas à ação de sistemas meteorológicos que podem causar intensa precipitação. A ocorrência de secas nessas regiões também é um importante econômico, considerando que a maior usina hidrelétrica do país, Itaipu, se encontra na Região Sul.

Eventos como o El Niño contribuem significativamente nos eventos extremos registrados no Brasil e principalmente na área de estudo.

Das principais configurações de teleconexões que afetam a variabilidade global e da América do Sul estão os fenômenos El Niño Oscilação Sul - ENOS e a Oscilação Decadal do Pacífico – ODP. O ENOS é o principal modulador da variabilidade interanual e, a ODP tem sido considerada como um importante modo de variabilidade de baixa e baixíssima frequência em escalas decadal e multidecadal.

Tais fenômenos agem em temporalidades e espacialidades diferentes, formam parte do rol das componentes explicativas das questões centrais nas ciências atmosféricas no que tange a variabilidade e as mudanças climáticas globais. Os fenômenos referem-se tanto no que diz respeito à identificação de outras teleconexões, quanto ao papel que possuem na gênese de eventos extremos (NASCIMENTO JÚNIOR, 2011, p.15).

Fenômenos climáticos como o El Niño, influenciam na distribuição do total pluviométrico, sendo que os oceanos e a atmosfera apresentam processos de interatividade permanente. O El Niño é um fenômeno atmosférico-oceânico caracterizado por um aquecimento anormal das águas superficiais no Oceano Pacífico Tropical e que pode afetar o clima regional e global.

O El Niño ocorre em intervalos de 2 a 7 anos com duração de 1 a 2 anos, e é responsável, principalmente pela variação do regime pluviométrico sobre várias regiões do globo. No Brasil a região sul é bastante afetada pelo excesso de chuvas durante a ocorrência do fenômeno El Niño.

O La Niña também é um evento que influencia na dinâmica pluviométrica e nos extremos de chuva. Com características opostas ao El Niño, se forma a partir do esfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Tropical.

Outros casos de precipitação extrema ocorrem em anos neutros com relação ao ENOS, e podem ser associados a outras forçantes, como variabilidade

intrasazonal, teleconexões, intensificação de sistemas sinóticos, situações de bloqueio, ou sistemas de mesoescala.

## **II. A PLUVIOSIDADE NO CLIMA SUBTROPICAL DO BRASIL**

### **II.1 - Características geográficas gerais**

Os fatores, que podem ser estáticos e dinâmicos, modificam os elementos do clima.

→ fatores estáticos: latitude, distribuição das terras e das águas, altitude e relevo.

→ fatores dinâmicos: frentes, massas de ar, correntes oceânicas, etc

A configuração climática de um local é influenciada por fatores estáticos e dinâmicos, que estipulam tipologia climática as regiões.

Para uma melhor compreensão dos diferentes climas do Planeta, os estudos em Climatologia são estruturados a fim de evidenciar os elementos climáticos e os fatores geográficos do clima. Os elementos constitutivos do clima são três: a temperatura, a umidade e a pressão atmosférica, que interagem na formação dos diferentes climas Terra. Todavia, esses elementos, em suas diferentes manifestações, variam espacial e temporalmente em decorrência da influência dos fatores geográficos do clima (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 15).

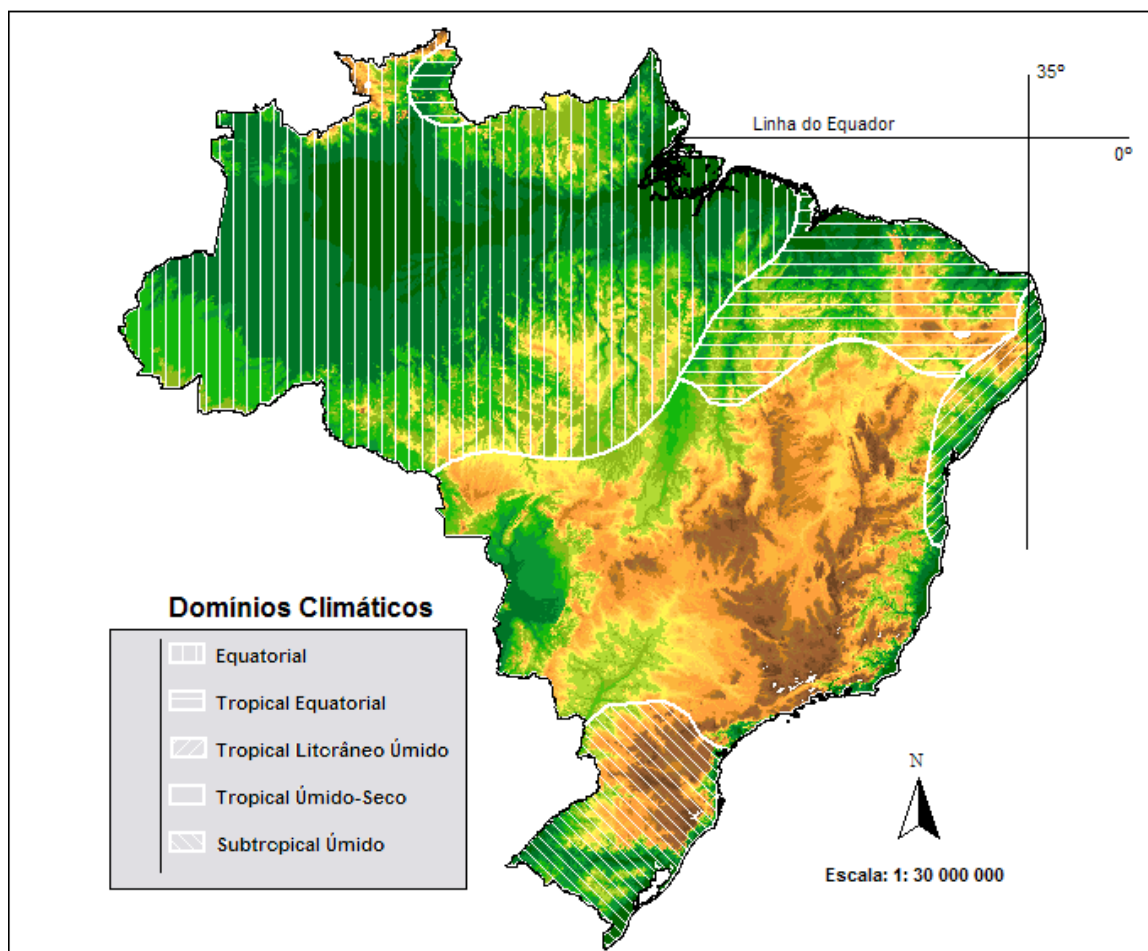
O relevo (Figuras 9 e 10) através da sua posição e forma, influencia na caracterização climática, sendo que se torna uma barreira natural no deslocamento de calor e umidade.

O relevo da região destaca-se por apresentar uma ampla variedade de geotipos, como planícies, serras, montanhas, cânions e ilhas. Nas áreas mais próximo do oceano, destacam-se serras de grande expressão e altitudes superiores a 1.000 m.

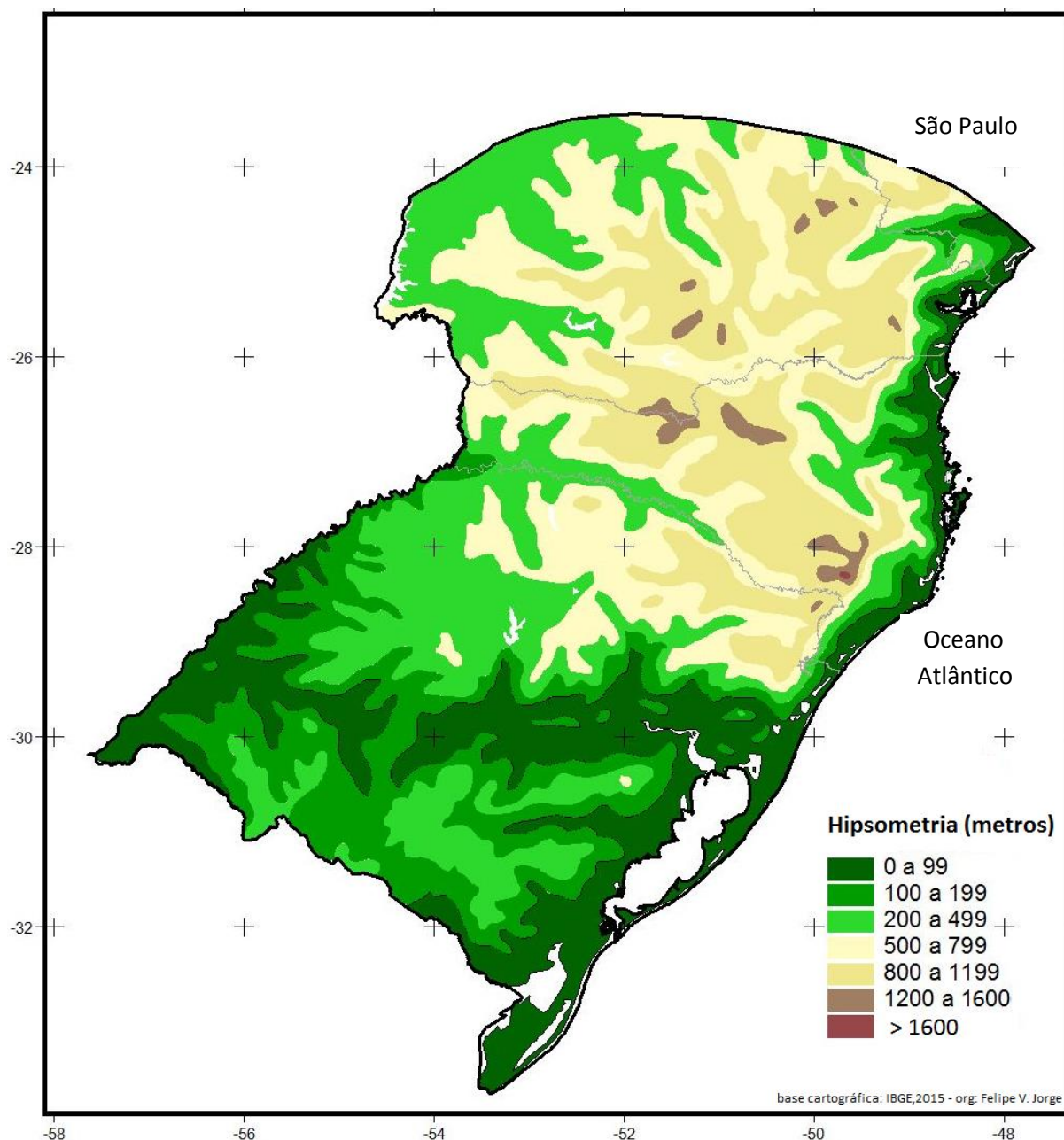
A influência do relevo nos sistemas atmosféricos é assim descrita por Armani e Tarifa (2000) apud Monteiro (2007, p. 10): um sistema atmosférico, ao passar por áreas cujo relevo possua significativa amplitude altimétrica com uma declividade média à alta, de modo a promover e/ou intensificar a compressão ou a descompressão adiabática, produzirá diferentes totais pluviométricos de acordo com



a exposição (maior ou menor) do relevo (serras, vales) a este sistema. Por exemplo, as áreas a barlavento de uma determinada serra farão com que os ventos de um sistema atmosférico subam as vertentes, provocando a descompressão adiabática, que instabiliza a parcela de ar ascendente e induz um aumento na pluviosidade neste lado da serra (barlavento). A sotavento o processo é inverso. Os ventos descerão as vertentes e sofrerão compressão adiabática, que estabiliza a parcela de ar descendente e reduz os totais pluviométricos.



**Figura 9:** Hipsometria Brasil – Fonte: IBGE, 2015

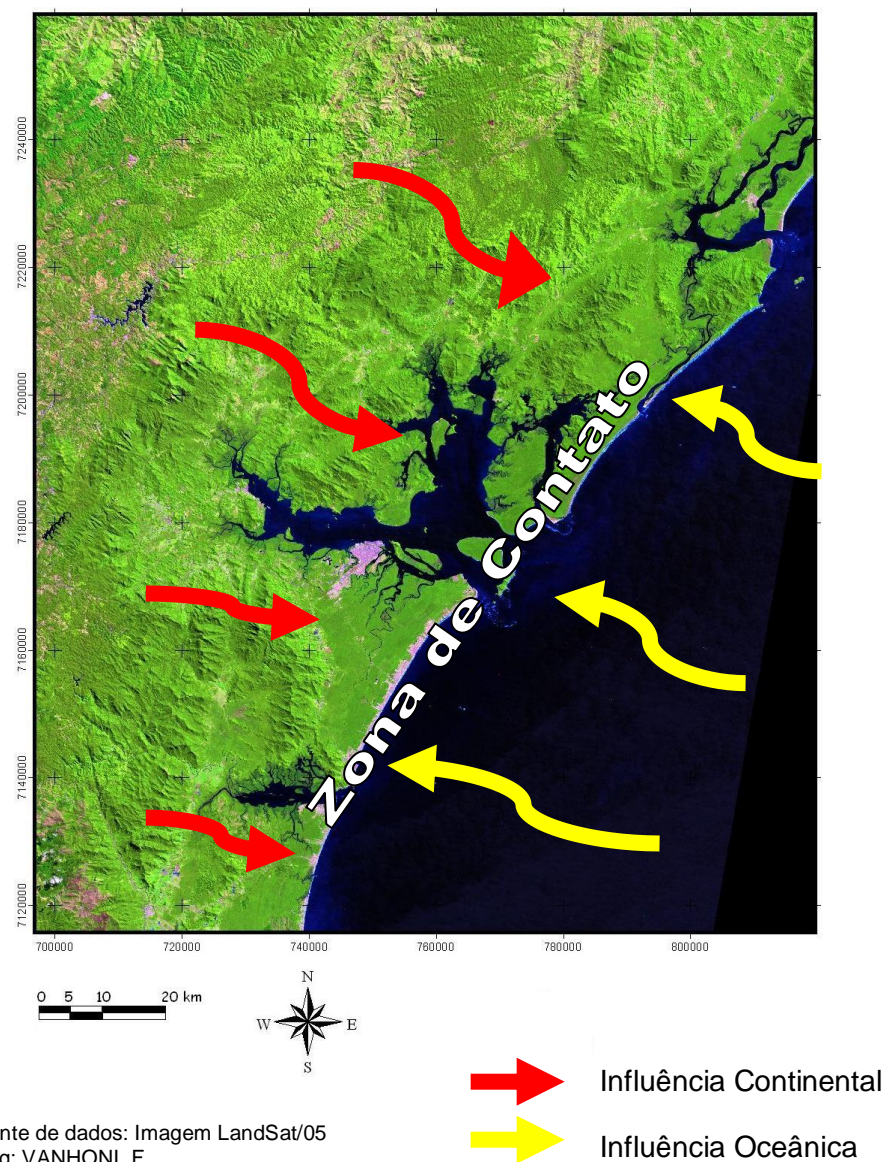


**Figura 10:** Clima Subtropical do Brasil - Hipsometria

Na área de estudo, a influência do relevo na determinação da pluviosidade é importante, devido às características de altitude e posição que apresenta. Uma das principais influências refere-se ao bloqueio da umidade, provocando as chuvas orográficas. Destaca-se que a estação pluviométrica com a maior média dentro da área de estudo (Véu de Noiva em Morretes/PR) apresenta média anual de 3452,7 mm e está localizada a 680 metros de altitude. Este alto valor é explicado pela localização da estação, próxima a vales que convergem a umidade da Serra do Mar.

Chuva de origem orográfica ou de relevo ocorre por ação física do relevo, que atua como uma barreira à advecção livre do ar, forçando-o a ascender. O ar úmido e quente, ao ascender próximo as encostas, resfria-se adiabaticamente. O resfriamento conduz à saturação do vapor, possibilitando a formação de nuvens que, com a continuidade do processo de ascensão, tendem a produzir chuvas. (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 71).

Dependendo da circulação do ar e da água, os oceanos também influenciam diretamente nas características climáticas (Figura 11), principalmente no litoral. Aproximadamente 75% do nosso planeta são cobertos por água, sendo que os oceanos atuam como grande agente regulador do clima.



**Figura 11:** Representação da Zona de Contato entre os fatores continentais e oceânicos (não inclui toda a área de estudo).

O mar atua como um regulador da temperatura do ar, tendendo a suavizar as flutuações e, portanto, reduzindo a sua amplitude anual. As localidades longe da costa, embora situadas praticamente á mesma latitude, ostentam curvas com amplitudes muito maiores que as litorâneas. Essa influencia é chamada efeito de continentalidade. A continentalidade traduz a influência causada pelo oceano e é normalmente expressa pela distância ao mar, tomada na direção do vento dominante (aquele que sopra com maior freqüência durante o ano), ou grosseiramente, em linha reta (VAREJÃO-SILVA, 2006, p. 78).

O oceano participa de forma decisiva no equilíbrio climático. Devido à sua grande extensão espacial e à alta capacidade térmica da água, é indiscutível que o aumento do conteúdo de calor dos oceanos e o aumento do nível do mar são indicadores robustos de aquecimento do planeta.

Os mares e oceanos (maritimidade) são fundamentais na ação reguladora da temperatura e da umidade dos climas. Além de servirem como os principais fornecedores de água para a troposfera, controlam a distribuição de energia entre oceanos e continentes. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 48).

Ao contribuírem para a troca de energia entre pontos distantes da Terra, as correntes oceânicas interagem com a dinâmica das massas de ar, definindo áreas secas e áreas chuvosas. Isso porque as águas frias superficiais induzem o ar a se resfriar, inibindo a formação de nuvens e, conseqüentemente, a ocorrência de chuvas.

Assim, os locais costeiros banhados por correntes frias apresentam uma tendência a possuírem climas secos. Já as águas quentes superficiais, ao aquecerem o ar, possibilitam a ocorrência de correntes ascendentes de ar, permitindo a formação de nuvens e chuvas, o que leva as áreas banhadas por correntes marinhas quentes a apresentarem climas úmidos. (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 49).

A grande maioria dos estudos científicos realizados nos últimos 5 anos têm confirmado, de forma indiscutível, o aquecimento das águas oceânicas. Em particular, a TSM do Atlântico tem aumentado nas últimas décadas. No Atlântico sul, esse aumento é intensificado a partir da segunda metade do Século XX, possivelmente devido a mudanças na camada de ozônio sobre o Polo Sul e também ao aumento dos gases de efeito estufa.

De forma consistente com um clima mais quente, o ciclo hidrológico tem também se alterado, refletindo em mudanças na salinidade da superfície do mar. Esses estudos mostram que a região subtropical do Atlântico Sul está se tornando mais quente e mais salina (PBMC, 2015, p. 11).

### **II.1.1 – Dinâmica Atmosférica**

A caracterização da dinâmica atmosférica é importante, pois os estudos climáticos ficam deficientes levando-se em consideração apenas os elementos climáticos mensuráveis. Entre as grandes dificuldades dos estudos nesta temática é justamente entender que a atmosfera apresenta um dinamismo que ao se transformar em resultados estáticos, compromete as análises dependendo dos métodos utilizados.

A climatologia têm dado ênfase à dinâmica das massas de ar, que tem fundamental importância nas alterações das condições atmosféricas. As movimentações destas estão condicionadas aos centros de alta e baixa pressão, estabelecendo referências para a configuração de condições climáticas e atmosféricas predominantes.

Os campos de pressão na superfície da Terra formam os controles climáticos responsáveis pela movimentação do ar em extensas áreas do Planeta. Para o conhecimento do clima de uma determinada área, faz-se necessário a identificação dos controles climáticos a que ela está submetida (MENDONÇA, DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 83).

A heterogeneidade da superfície terrestre gera um conjunto de condições variadas que passam a influir sobre a atmosfera envolvente, que diverge em suas propriedades segundo a caracterização destes atributos. Surgem assim os chamados “centros de ação atmosférica” que, num primeiro grau de caracterização, associam-se às variações superficiais da pressão atmosférica: áreas ciclônicas, anticiclônicas, grandes extensões de caracteres térmicos sobre os oceanos ou sobre as extensões continentais planas (planícies, desertos, etc) em contrastes com áreas acidentadas pelo relevo (montanhas e planaltos).

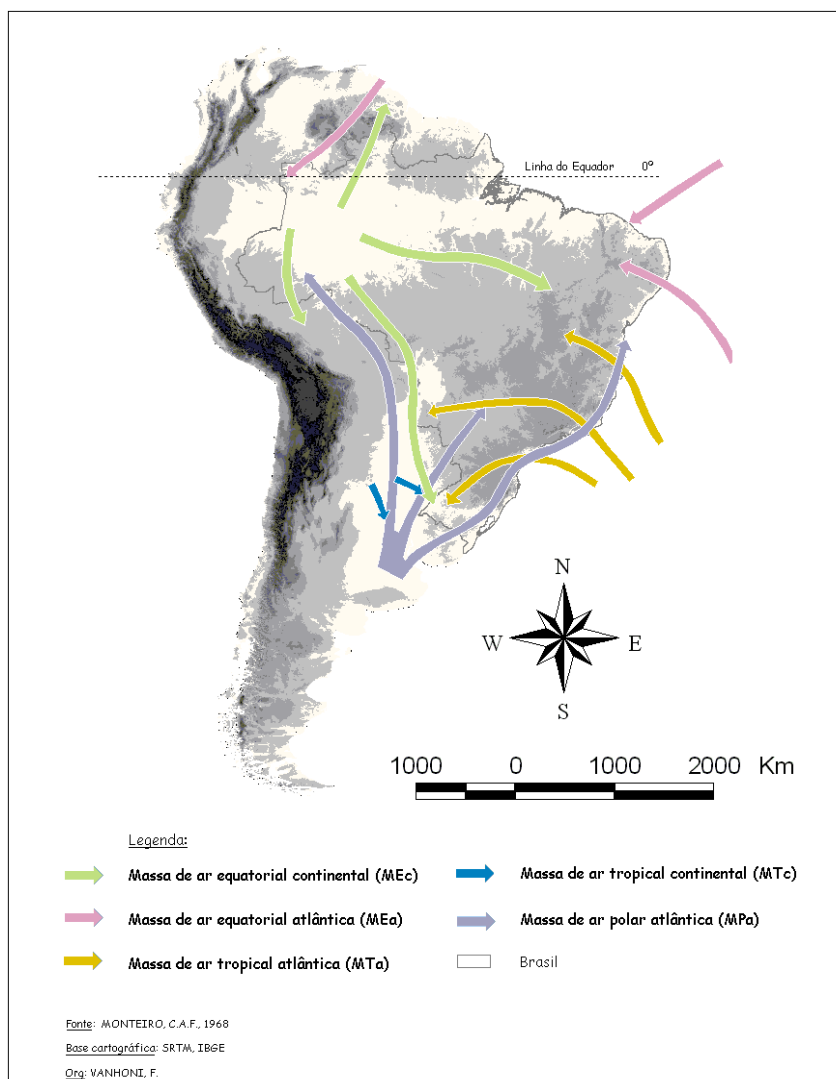


Todas estas diferenças de superfície, repercutindo no comportamento da atmosfera, vão implicar noutra componente importante na geração do desempenho da atmosfera e conseqüente geração dos climas da Terra (MONTEIRO, 1999, p. 17).

A dinâmica da atmosfera pode ser compreendida à partir da movimentação dos sistemas atmosféricos (as massas de ar e as frentes á elas associadas), originados em células anticiclônicas e de deslocamento em direção às células ciclônicas; a participação dos mesmos na formação dos diferentes tipos climáticos é resultante dos movimentos do ar em relação a superfície da Terra (horizontais e verticais) e em conjunto com a Terra. (Ayoade, 1986; Monteiro, 1991 apud Mendonça, 2000, p.25)

Uma massa de ar pode ser definida, segundo HARE apud. AYOADE (1998, p. 99), “como um grande corpo de ar horizontal e homogêneo deslocando-se como uma entidade reconhecível e tendo tanto origem tropical quanto polar”.

De acordo com MENDONÇA (2000, p. 27 – figura 12) quatro são os sistemas atmosféricos que definem o clima no âmbito regional (clima subtropical): “*MPa (Massa Polar Atlântica, originária do Anticiclone Migratório Polar), MTa (Massa Tropical Atlântica, originária no Anticiclone Semifixo do Atlântico), MEc (Massa Equatorial Continental, originária no Anticiclone da Amazônia) e MTc (Massa Tropical Continental, originária da Depressão do Chaco)*”.



**Figura 12:** Massas de ar atuantes no Brasil

Segundo Monteiro (1963, p. 123-126) as principais massas de ar que atuam na América do Sul e no Brasil apresentam as seguintes características:

A **Massa Tropical Atlântica (MTa)** individualiza-se no anticiclone semi-fixo do Atlântico Sul. Por suas propriedades na fonte é uma massa quente, úmida e com tendência à estabilidade pela subsidência superior daquela célula oceânica de altas pressões dinâmicas. Graças ao sistema de emissão contra-horário daquele anticiclone austral, tem grande poder de penetração para o interior do continente. As regiões Leste, Sul e Centro-Oeste são freqüentemente dominadas por esta massa, cujas trajetórias, em que pese à flutuação latitudinal e proximidade ou afastamento de sua fonte, variam do leste para nordeste, sendo a sua atividade constante o ano inteiro;

A **Massa Polar Atlântica (MPa)** se bem que de atividade mais no inverno, graças aos efeitos que produz, apresenta participação de realce. Esta massa fria tem sua fonte sobre o Atlântico, não longe do continente, na latitude da Patagônia. Resulta do acúmulo do ar polar que, em turbilhões, para aí se dirige. A orientação meridiana da cordilheira andina cria duas massas: a MPa, a que se fez referência e a Polar Pacífica (MPp), as quais, tendo a mesma gênese, estão intimamente relacionadas. Quando em avanço na vertente ocidental dos Andes, a MPp encontra oposição da Massa Tropical Pacífica (o que gera frontogênese na Frente Polar Pacífica), estabelece um fluxo dirigido do SW para NE que, conseguindo transpor a cordilheira, nestas latitudes já bem menos elevada, vem reforçar a Massa Polar Atlântica. Graças a este reforço e as facilidades do relevo na vertente oriental dos Andes, a Massa Polar Atlântica é mais potente nos seus avanços do sul para o norte. Mantém no Brasil Meridional uma interferência muito importante durante todo o ano, enquanto sobre outras regiões brasileiras seja mais expressiva no inverno. É uma massa fria e úmida, mercê de sua origem marítima;

A **Massa Equatorial Continental (MEc)** tem sua fonte na planície amazônica. É uma célula de divergência dos alísios – *doldrum* – que tende a manter-se durante todo o ano naquela zona. Trata-se de uma massa quente, de elevada umidade específica. No verão austral, atraída pelos sistemas depressionários (térmicos e dinâmicos) do interior do continente, tende a avançar do NW ora para SE ora para ESE, de acordo com a posição da Frente Polar Atlântica.

A **Massa Tropical Continental (MTc)**, de ocorrência bem menos conspícua, tem uma participação complementar. Sua individualização é mais restrita ao verão quando a depressão do Chaco, dinamizada pela Frente Polar Atlântica, se superpõe uma bolsa de ar frio (na circulação superior). Assim o ar quente e seco da planície central do continente, dotado de subsidência superior pela importação de ar frio, torna-se dotado de movimento divergente, uma das condições básicas para individualização de massas de ar. Apesar disto, muito frequentemente, durante as outras estações do ano, notam-se, nas cartas sinóticas brasileiras, referências à MTc.

Caracterizando a circulação e dinâmica atmosférica da América do Sul e do Brasil, consideram-se como fatores mais influentes na diversificação climática do Brasil segundo o IBGE (1997) apud MENDONÇA (2001, p. 85):



- a configuração geográfica, manifestada na disposição triangular do território e cuja maior extensão dispõe-se nas proximidades da Linha do Equador afunilando-se em direção sul;
- a maritimidade/continentalidade, cujo litoral tem uma extensão de cerca de 8.000 Km enquanto o território brasileiro apresenta uma área de cerca de 8.511 milhões de Km<sup>2</sup>.
- a altitude, expressa em cotas relativamente baixas e cujos pontos extremos atingem somente os cerca de 3.000 m;
- a extensão territorial (em latitude e longitude);
- o relevo, notadamente a distribuição dos grandes compartimentos de serras, planaltos e planícies que formam verdadeiros corredores naturais para o desenvolvimento dos sistemas atmosféricos em grandes extensões; e
- a dinâmica das massas de ar, sendo que as que interferem mais diretamente no Brasil são a equatorial (Continental e Atlântica), a Tropical (Atlântica e Continental) e a Polar Atlântica.

## II. 1.2 Sistemas Frontais e Frontogênese

O encontro entre as massas frias e quentes dá origem às frentes, que atuam com maior evidência nos subtrópicos e trópicos.

As variações climáticas observadas principalmente na região Sul do Brasil estão geralmente associadas com a passagem, formação e intensificação das frentes frias.

A passagem de sistemas frontais é importante na determinação das condições do tempo local associado, pois provocam mudanças significativas no tempo principalmente na região subtropical e de latitudes médias e altas. Na América do Sul, estes sistemas ocasionam principalmente acumulados de chuva e incursões de ar frio.

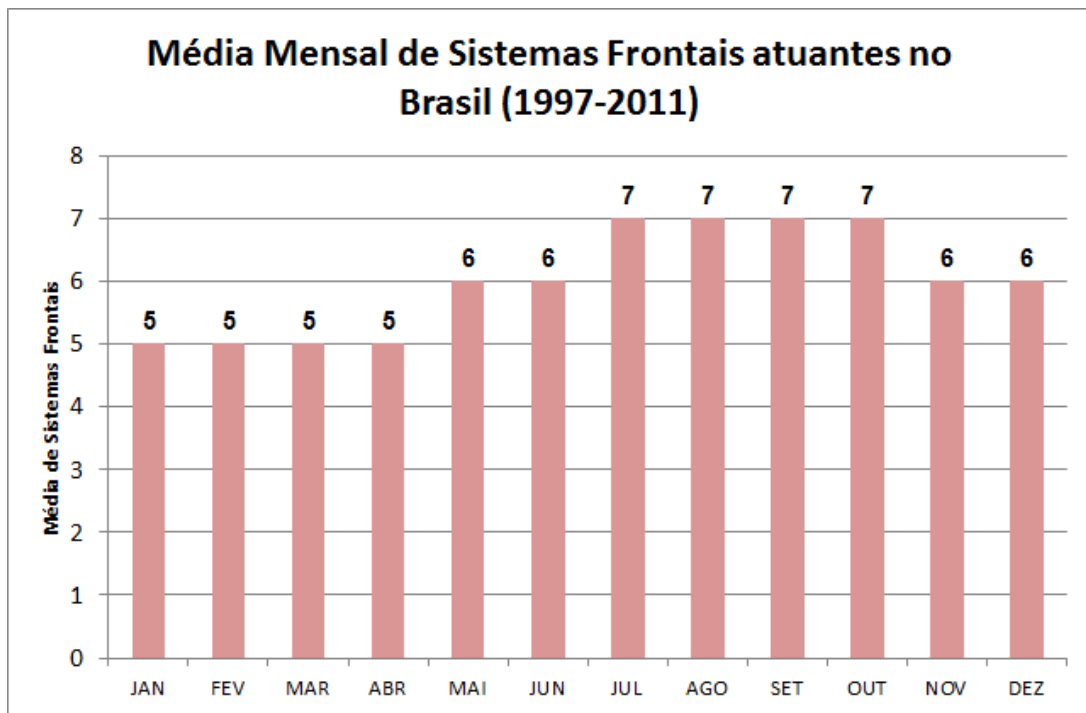
No Brasil, as frentes atuam durante todo o ano deslocando-se sob o continente ou pelo oceano Atlântico atingindo principalmente a região Sul e Sudeste.

Mesmo sendo comuns as entradas das frentes no sul do Brasil durante o ano, observa-se uma variação sazonal, principalmente em relação à intensidade e na progressão em direção as latitudes mais baixas.

Analisando o gráfico 3, tem-se que as maiores médias acontecem no inverno (maio, junho e julho) e na primavera (principalmente setembro e outubro).

A amplitude do fenômeno alcança o seu máximo no inverno, onde os avanços da FPa atingem latitudes bem baixas. Na primavera, bem como no outono, o caráter é nitidamente transicional entre o máximo registrado no inverno e o mínimo que se verifica no verão (MONTEIRO, 1963, p. 132).

Com isso, no inverno verificam-se constantes períodos de nebulosidade principalmente no litoral devido à impossibilidade do ar quente e úmido ser renovado durante um curto intervalo de tempo entre os sistemas frontais, onde a nova frente irá encontrar o ar relativamente frio deixado pela precedente (LEMOS e CALBETE, 1998 apud BRITTO et al, 2006).



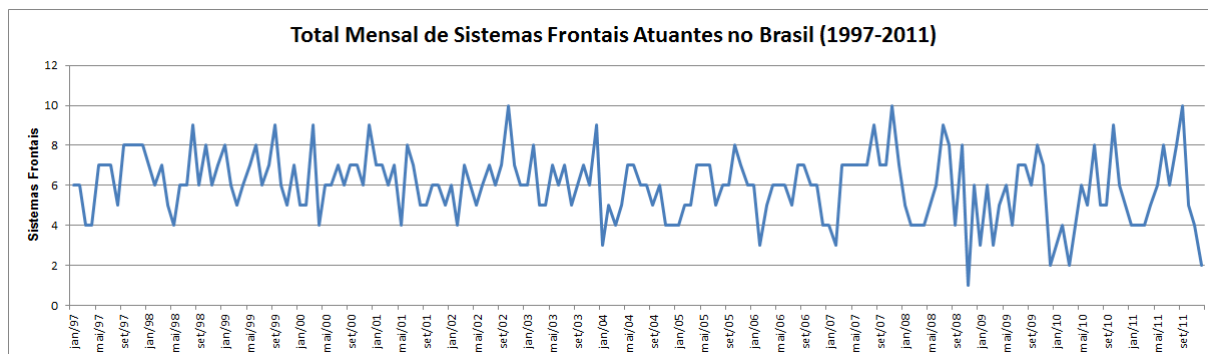
**Gráfico 3:** Média Mensal de sistemas Frontais atuantes no Brasil – Frente Fria (1997-2011) – Fonte dos dados: Climanálise.

Segundo os relatórios do Climanálise (INPE/CPTEC), a média climatológica de passagem de sistemas frontais no Brasil é de 6 (seis) mensais entre as latitudes 35°S e 25°S. Analisando os dados referente ao período de janeiro de 1997 a dezembro de 2011<sup>4</sup> (gráfico 4), totalizando 180 (cento e oitenta meses), tem-se que 48 (quarenta e oito) meses ficaram dentro da média histórica, 69 (sessenta e nove) acima com valores em sua maioria com média de 7 (sete) passagens e, 63 (sessenta e três) meses apresentaram valores abaixo da média. O maior registro de passagem de frentes dentro do período ocorreu nos meses de outubro de 2002 e novembro de 2007, totalizando 10 (dez) passagens, e o menor ocorreu no mês de novembro de 2008 com 1 (uma) passagem.

Em novembro de 2008, teve início o posicionamento e forte atuação do sistema de alta pressão semi-estacionário do Atlântico Sul próximo ao litoral. Além disso ocorreu um bloqueio de perturbações atmosféricas em altitude fazendo com que a convergência de umidade na faixa litorânea se intensificasse, resultando em elevados totais pluviométricos na região do Vale do Itajaí, nordeste de Santa Catarina. Este acontecimento, principalmente o bloqueio, influenciou no pequeno

<sup>4</sup> O período temporal não é o mesmo dos dados pluviométricos devido a disponibilidade das informações no banco de dados do INPE/CPTEC

número de frentes registradas no período. Os meses de outubro de 2002 e novembro de 2007 registraram acumulados significativos de chuva devido a quantidade de frentes atuantes no período, com totais diários ultrapassando os 50 mm.



**Gráfico 4:** Total Mensal de Sistemas Frontais Atuantes no Brasil – Frente Fria (1997-2011).  
Fonte de dados: Climanálise.

Estudando a dinâmica atmosférica do Sul do Brasil, Maurici Monteiro (2007, p. 60) destaca que:

No inverno, os dias são mais curtos e, portanto possuem menos horas de brilho solar em relação ao verão e ao outono. Com o continente mais frio, as massas de ar provenientes das grandes latitudes tornam-se mais intensas e continentais. Nesta estação do ano a frente fria é um dos sistemas atmosféricos mais importantes na distribuição da precipitação na Região Sul. Embora o número médio de incursões mensais seja igual, no inverno as frentes frias possuem atuação mais continental, devido à existência de maior contraste térmico entre as massas de ar frio que cruzam os Andes um pouco mais ao norte nesta estação do ano e as massas mais aquecidas pré-frontais.

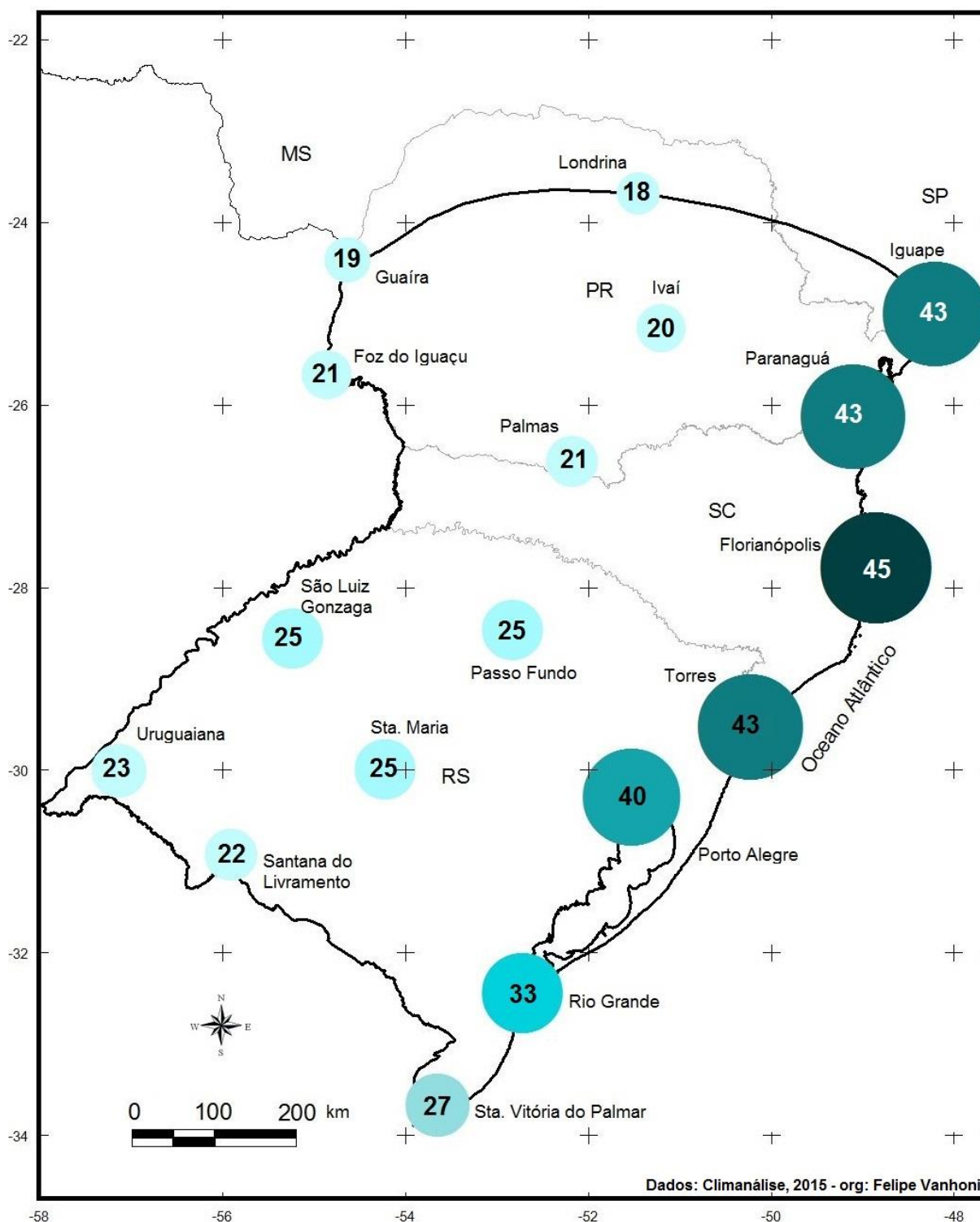
Considerando a área de estudo, especialmente a dinâmica dos Sistemas Frontais apresenta dinâmicas significativas e que influenciam diretamente na pluviosidade (figura 13).

A espacialização da média anual de registro de passagem de Frentes por estação climatológica no período (1997-2011) ressalta que as estações próximas ao litoral são as que mais registraram a passagem de sistemas frontais com destaque para Florianópolis com 45 (quarenta e cinco) registros, seguida por Paranaguá e Iguape com 43 (quarenta e três) registros cada. Estas estações apresentam números superiores, entre outros fatores, devido a formação de frontogêneses no oceano que se deslocam para o continente e também devido aos bloqueios

atmosféricos que diminuem a média das estações localizadas no interior e ao norte da área.

O outono é um período em que os bloqueios atmosféricos são muito frequentes, impedindo a passagem das frentes, principalmente no interior entre Santa Catarina e Paraná. Assim, as frentes frias chegam ao Rio Grande do Sul e são desviadas para o oceano. A estabilidade atmosférica persistente, ocasionada pela falta de passagens frontais e ainda a diminuição da convecção proporcionada pelo calor da tarde, resultam em períodos de tempo bom e sem ocorrência de chuva (MONTEIRO, 2001, p.72)

Os menores registros médios anuais acontecem nas regiões norte e noroeste da área de estudo com destaque para Londrina (18 registros) e Foz do Iguaçu (21 registros). Este resultado demonstra a dinâmica das frentes que atuam de forma diferenciada no espaço, sendo que fatores como o relevo e o oceano influenciam nestes totais individuais. Além disso, outros elementos determinam essas condições, tais como as correntes de jato e os cavados de média escala.



**Figura 13:** média anual de registro de passagem de Frentes Frias por estação (1997-2011<sup>5</sup>). Fonte de dados: Climanálise – seções estação versus tempo dos Sistemas frontais que penetraram no Brasil. A quantificação indica que a frente passou pela estação entre 09:00 horas do dia anterior e às 09:00 do dia indicado.

<sup>5</sup> O período temporal não é o mesmo dos dados pluviométricos devido à disponibilidade das informações no banco de dados do INPE/CPTEC.

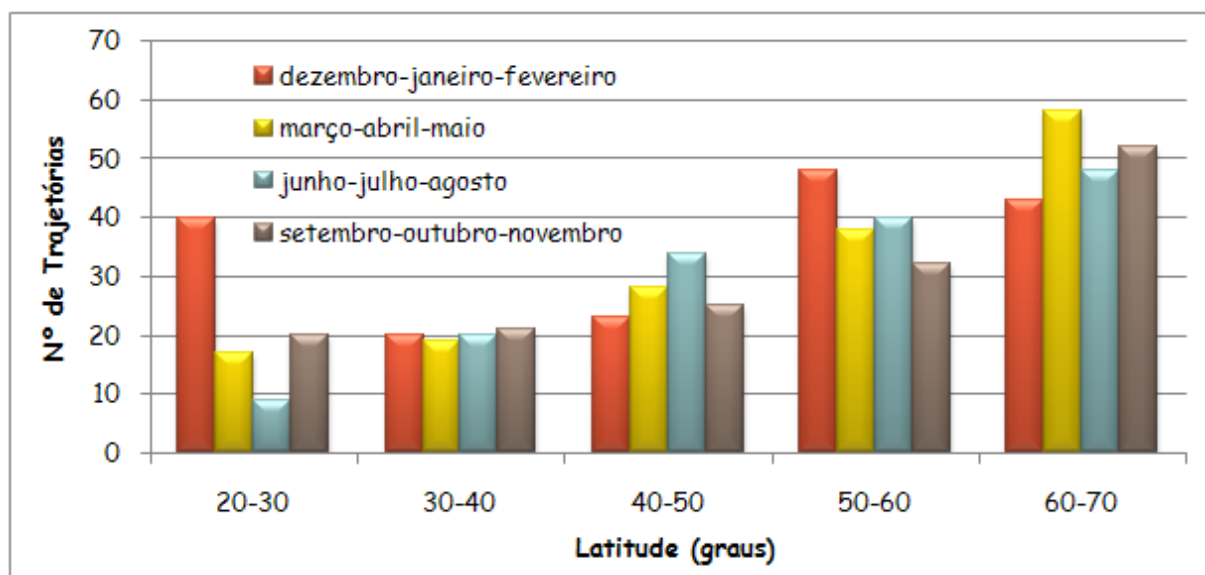
Durante seu trajeto, condicionado pelo contraste térmico (continente-oceano) e pelo relevo, a FPA divide-se em dois ramos que seguem caminhos distintos: o continental pela depressão do Chaco; e o marítimo pelo oceano Atlântico. Pelo litoral, isto é, pelo seu ramo marítimo, a FPA se desloca para nordeste com ondulações ciclônicas, sobretudo no mar. No inverno, devido ao forte gradiente térmico entre Equador-pólos, as massas frias atingem mais facilmente os alíseos de SE, podendo alcançar latitudes mais baixas. No verão, o forte aquecimento do continente faz com que o ramo marítimo tome a direção NE-SW sobre o oceano raramente ultrapassando o trópico (NIMER, 1966; MONTEIRO, 1968).

## **II. 1.3 Ciclone, anticiclone, Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), Bloqueios atmosféricos e CCM**

O ciclone é uma das principais características atmosféricas que afetam o tempo, sendo responsável pela formação de nuvens, precipitação e ventos fortes. Sobre os oceanos, os ciclones intensos são ainda causadores de ondas gigantescas, que ocasionalmente atingem a costa brasileira causando grandes prejuízos (SUGAHARA, 2000).

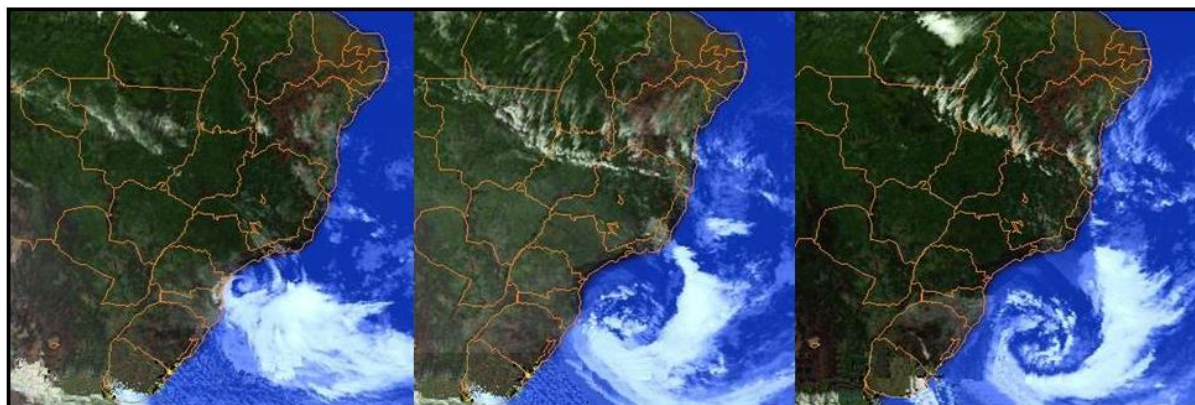
Ciclones formados nas regiões de latitudes médias e altas (entre 30° e 60°) são denominados de extratropicais (Figura 14). A formação e desenvolvimento de ciclones extratropicais na costa sul do Brasil representa uma importante influência na dinâmica atmosférica regional.

Ao estudar a climatologia dos ciclones que se formaram e/ou se desenvolveram na região compreendida entre 20-35°S e 53 – 35°W entre 2000 e 2004 (gráfico 5), Ribeiro & Saraiva (2006, p. 1) verificaram que a maioria dos eventos ocorre nas estações de primavera e verão, com maior frequência nos meses de dezembro e janeiro.



**Gráfico 5:** Número médio de ciclones por ano com duração igual ou superior a 24h e intensidade igual ou inferior a 1010 hPa por faixa de latitude no Hemisfério Sul (BEU & AMBRIZZI, 2006, p. 48). Dados reanálise do NCEP (dezembro de 1969 a novembro de 1999). Org: Vanhoni, F.

Simmonds e Keay (2000) apud Beu & Ambrizzi (2006) apresentaram aspectos interessantes da climatologia de ciclones no Hemisfério Sul. A variabilidade sazonal é mais destacada entre as latitudes de 20° e 30° com maior ocorrência nos meses de verão. Entre as latitudes 30° e 40°, a os números de trajetórias não apresentam grandes diferenças sazonais, com média de aproximadamente 20 para os períodos.



**Figura 14:** Ciclone Extra-Tropical (10/11 de Agosto de 2005 – Fonte: SIMEPAR)



Um dos principais efeitos dos ciclones na área de estudo, refere-se à ocorrência de ressacas, sendo:

O fenômeno ressaca é o aumento do nível do mar provocado pela elevação da maré astronômica e/ou maré meteorológica, acompanhado de ondas com amplitude maior que o normal. Geralmente o aumento do nível do mar se dá pelo “empilhamento” de água na costa, causado pela força do vento na superfície do mar (maré meteorológica), somado a força gravitacional exercida pelos astros (maré astronômica), principalmente o sol e a lua. O aumento na altura das ondas, na maioria das vezes, ocorre devido a atuação de sistemas meteorológicos de baixa pressão (ciclones extratropicais), os quais muitas vezes se formam em regiões afastadas da costa, mas mesmo assim favorecem a agitação marítima e a propagação de ondas que atingem a região costeira, onde são modificadas ao ingressarem em águas mais rasas (Pond e Pickard, 1986 apud. BITENCOURT et al, 2002, p.1) .

A ressaca ocorre com maior frequência nos meses de outono e inverno, no entanto em outras estações do ano, ciclones extratropicais também podem se desenvolver sobre o Oceano Atlântico, provocando ventos fortes e gerando agitação marítima na costa da Região Sul (BITENCOURT et. al., 2002).

O ciclone Catarina do final de março de 2004, que fora reconhecido como furacão pelos órgãos meteorológicos oficiais (INPE/CPTEC/INMET), foi um evento singular ocorrido no Atlântico Sul. Em sua trajetória incomum de leste para oeste, atingiu principalmente o litoral de Santa Catarina e parte do Rio Grande do Sul no dia 27 de março.

Os anticiclones representam os centros de ação de massas de ar, sendo que em relação a sua dinâmica, Maurici Monteiro (2007, p. 51) ressalta que:

Quando a trajetória do anticiclone polar é marítima, ou seja, quando se desloca sobre o Atlântico a leste do Uruguai e do Rio Grande do Sul provoca aumento de nuvens e favorece quase sempre a ocorrência de chuva isolada em toda a zona costeira da Região Sul devido à circulação marítima. Com ventos de sudeste a leste, o tempo fica mais instável com presença de muitas nuvens e chuvas mais frequentes no leste do Rio Grande do Sul e zona costeira do sul catarinense, especialmente entre Porto Alegre e Laguna. Já, quando o anticiclone está próximo ao litoral de Santa Catarina ou do Paraná, e os ventos passam a soprar de nordeste, a maior nebulosidade e condições de chuva ocorrem com mais persistência entre Florianópolis e a zona costeira do norte paranaense.

Outro aspecto importante da dinâmica atmosférica refere-se à ação das Zonas de Convergência, em especial a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

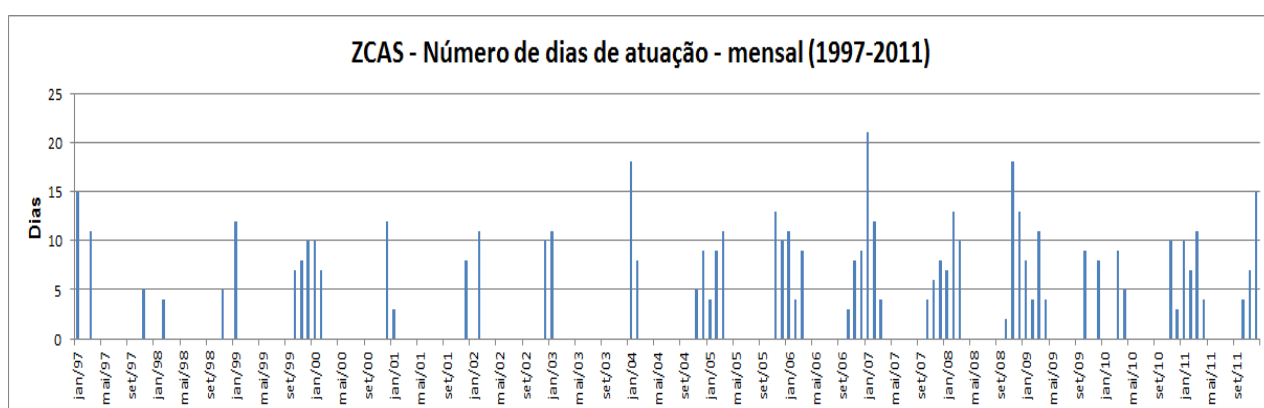
Ela resulta da intensificação do calor e da umidade provenientes do encontro de massas de ar quentes e úmidas da Amazônia e do Atlântico Sul na porção central do Brasil. Em geral, uma ZCAS estende-se desde o sul da região Amazônica até a porção central do Atlântico Sul (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007, p.92).

A ZCAS exerce um papel preponderante no regime de chuvas na região onde atua, acarretando altos índices pluviométricos. A ZCAS é um fenômeno que ocorre durante os meses de primavera/verão, sendo, portanto monitorada apenas nessas estações do ano (CPTEC/CLIMANÁLISE).

Ela relaciona-se, muitas vezes, com uma situação de bloqueio e dependendo da sua localização e intensidade, pode ser associada a anomalias de precipitação, que provocam enchentes em regiões sob sua influência direta e ausência de chuvas no sul do Brasil (CAVALHEIROS E SILVA DIAS, 1988).

A ZCAS influencia na dinâmica atmosférica modificando as características da dinâmica atuante na área de estudo através dos bloqueios ou avanços da mesma.

No gráfico 6 verifica-se que a quantidade de dias de atuação das ZCAS aumentou nos últimos 15 anos.



**Gráfico 6:** ZCAS – número de dias de atuação – mensal (1997-2011- org. Felipe Vanhoni)

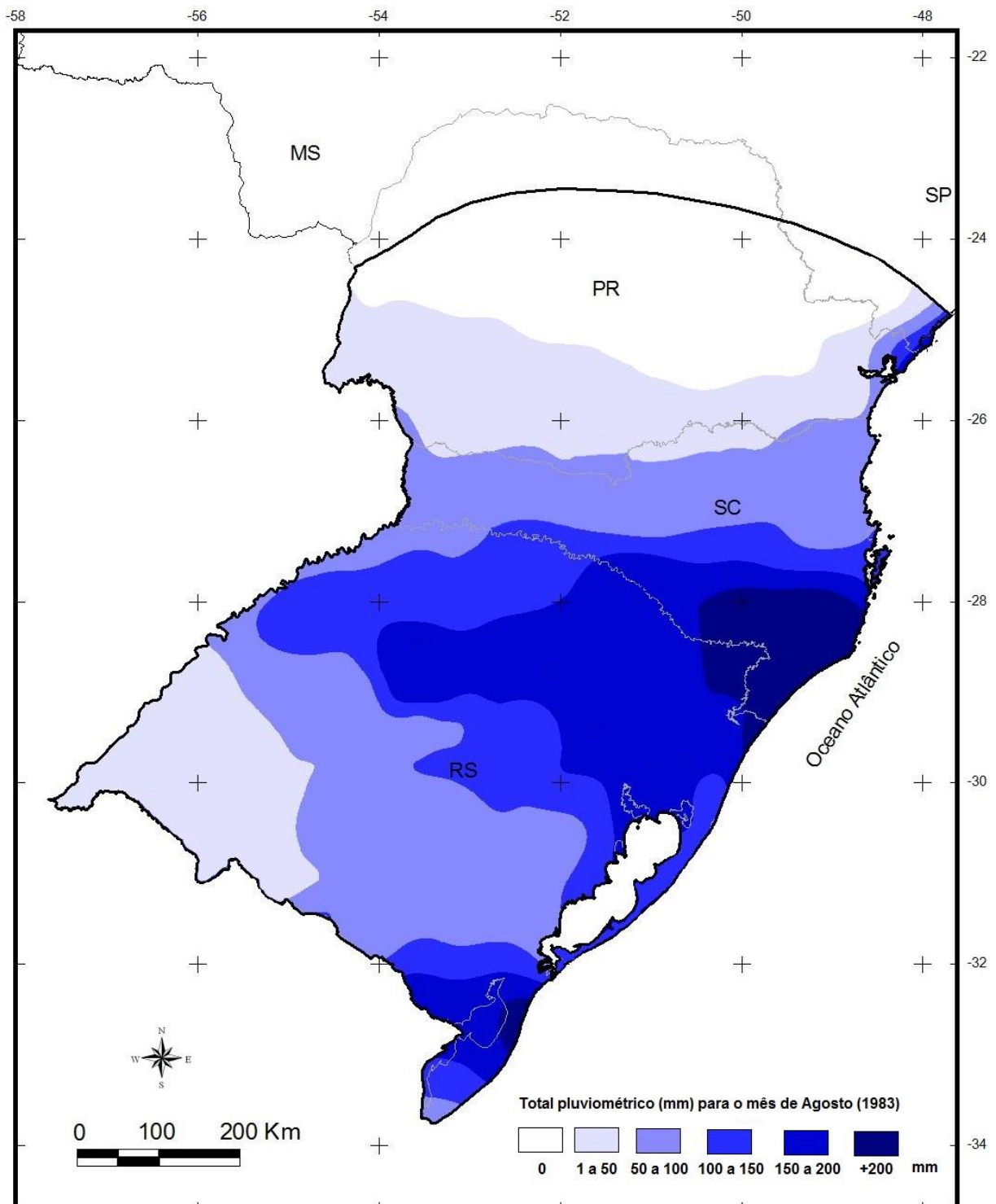
Os bloqueios atmosféricos influenciam diretamente na dinâmica pluviométrica da região de Clima Subtropical. Analisando os dados das estações selecionadas do estudo, verificou-se que mais de 100 (cem) estações apresentaram um ciclo de pluviosidade zero no mês de agosto (1983, 1988, 1994, 1999, 2004 e 2010).

O que mais chama atenção é que este ciclo estabelece uma escala temporal padrão variando de 5 (cinco) a 6 (seis) anos (tabela 6).

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	SOMA	VERÃO	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA
1976	151,6	121,0	177,2	60,8	115,2	71,8	104,2	162,4	121,2	137,0	164,6	201,2	1588,2		353,2	338,4	422,8
1977	154,4	46,7	145,0	154,8	0,0	68,4	26,4	12,4	40,0	117,6	168,6	101,2	1035,5	402,3	299,8	107,2	326,2
1978	143,2	114,6	274,0	14,4	117,6	24,2	142,0	22,2	121,6	49,2	161,2	134,7	1318,9	359,0	406,0	188,4	332,0
1979	120,8	191,3	46,5	29,8	162,4	5,4	43,3	105,8	140,2	127,8	119,4	114,2	1206,9	446,8	238,7	154,5	387,4
1980	311,4	264,6	139,6	82,4	20,6	24,0	117,0	51,0	99,6	59,8	64,0	180,6	1414,6	690,2	242,6	192,0	223,4
1981	158,4	88,1	38,4	160,6	14,7	44,4	28,0	7,6	29,6	192,2	86,6	244,0	1092,6	427,1	213,7	80,0	308,4
1982	90,0	299,2	67,3	17,6	83,6	217,4	180,1	16,7	24,2	242,1	347,1	338,3	1923,6	633,2	168,5	414,2	613,4
1983	199,6	104,4	227,4	146,9	356,6	220,3	13,4	0,0	215,1	103,0	121,3	192,2	1900,2	642,3	730,9	233,7	439,4
1984	152,3	119,6	48,0	31,9	67,2	0,0	6,0	91,0	113,1	59,2	113,9	290,7	1092,9	464,1	147,1	97,0	286,2
1985	94,4	200,8	136,7	93,6	95,5	15,6	33,5	8,2	29,3	44,1	73,9	35,1	860,7	585,9	325,8	57,3	147,3
1986	182,7	189,5	73,5	104,4	163,7	0,0	10,5	157,9	51,7	74,8	244,2	276,0	1528,9	407,3	341,6	168,4	370,7
1987	92,5	154,3	86,0	93,4	255,8	155,2	38,7	9,1	105,6	130,7	141,6	83,4	1346,3	522,8	435,2	203,0	377,9
1988	149,9	152,7	109,7	63,0	270,2	61,0	2,3	0,0	48,5	141,9	67,8	138,9	1205,9	386,0	442,9	63,3	258,2
1989	272,5	144,6	115,6	21,3	79,4	90,9	233,5	70,8	125,0	83,4	100,8	170,2	1508,0	556,0	216,3	395,2	309,2
1990	308,9	56,4	62,0	66,4	101,0	39,9	62,5	62,5	119,5	91,8	69,0	132,1	1172,0	535,5	229,4	164,9	280,3
1991	130,5	176,7	146,0	105,9	58,0	83,0	11,3	64,3	78,4	91,0	92,6	199,4	1237,1	439,3	309,9	158,6	262,0
1992	28,4	135,4	443,3	104,7	183,1	15,1	1,3	31,1	125,4	190,3	112,9	88,3	1459,3	363,2	731,1	47,5	428,6
1993	304,9	214,9	121,3	76,1	77,9	87,3	34,9	42,8	202,6	63,9	60,9	158,4	1445,9	608,1	275,3	165,0	327,4
1994	185,8	137,8	41,2	74,1	58,9	80,5	9,5	0,0	3,0	100,3	243,4	194,4	1138,9	482,0	174,2	90,0	356,7
1995	410,9	183,4	160,5	98,1	48,8	97,5	78,0	21,0	191,2	151,2	48,3	131,7	1630,6	788,7	307,4	206,5	390,7
1996	167,0	191,8	220,3	74,6	8,4	43,9	22,3	40,2	184,0	151,6	20,0	243,6	1367,7	490,5	303,3	106,4	355,6
1997	396,4	98,3	37,0	101,4	87,8	216,5	20,4	92,5	98,5	96,5	234,8	156,1	1636,2	738,3	226,2	329,4	429,8
1998	138,9	377,6	138,7	132,9	65,7	19,2	50,1	100,5	192,9	160,7	11,8	160,7	1549,7	672,6	337,3	169,8	365,4
1999	245,6	104,3	63,0	111,5	56,1	78,2	74,5	0,0	124,6	72,4	17,7	69,6	1017,5	510,6	230,6	152,7	214,7
2000	118,7	325,1	186,4	0,4	25,4	39,7	51,0	87,2	201,3	91,2	187,3	179,9	1493,7	513,4	212,2	178,0	479,8
2001	169,4	192,1	157,0	58,8	134,5	101,3	73,8	81,1	106,8	98,4	59,6	248,4	1481,2	541,4	350,3	256,2	264,8
2002	140,4	118,9	131,0	17,5	118,7	0,0	71,5	123,7	78,2	120,2	206,9	97,9	1224,9	507,7	267,2	195,2	405,3
2003	252,1	176,7	125,9	76,6	75,7	34,8	58,1	42,5	76,2	67,1	155,4	89,6	1230,7	526,7	278,2	135,4	298,7
2004	248,4	119,9	97,3	75,8	181,7	75,6	68,4	0,0	15,0	155,5	123,4	89,3	1250,3	457,9	354,8	144,0	293,9
2005	319,7	11,9	66,2	70,0	57,9	37,7	18,4	8,2	112,6	174,9	129,3	42,3	1049,2	420,9	194,1	64,4	416,8
2006	149,6	123,2	86,9	95,1	0,0	29,8	74,5	18,2	144,5	141,2	101,6	163,6	1128,2	315,1	182,0	122,5	387,3
2007	328,4	129,3	163,9	54,9	54,1	12,7	186,0	4,3	23,7	102,5	142,8	232,0	1434,6	621,3	272,9	203,0	269,0
2008	272,2	203,8	92,6	125,0	104,9	51,9	16,8	123,4	56,5	125,1	43,6	69,6	1285,4	708,0	322,5	192,1	225,2
2009	276,1	152,2	114,3	27,4	106,9	78,3	279,4	12,6	280,7	280,1	142,7	77,4	1888,1	497,9	248,6	430,3	703,5
2010	344,5	60,4	168,1	115,1	54,5	28,8	57,5	0,0	54,6	106,3	92,8	271,6	1403,4	482,3	337,7	125,5	263,7
2011	365,5	159,4	135,9	124,1	0,0	78,9	78,7	95,5	0,0	176,0	103,6	43,0	1361,7	796,5	260,0	254,2	279,6
	212,1	157,7	127,6	80,0	95,6	64,5	65,0	49,0	103,8	121,0	120,3	155,4	1352,0	529,7	303,3	178,5	345,1

**Tabela 6:** ciclo de bloqueios atmosféricos no mês de agosto (1983, 1988, 1994, 1999, 2004 e 2010) – estação 2349023

Nos mapas a seguir (figuras 15, 17, 18, 19, 20 e 21), este provável ciclo de bloqueios na área de estudo foram especializados de modo a determinar abrangência desta dinâmica.



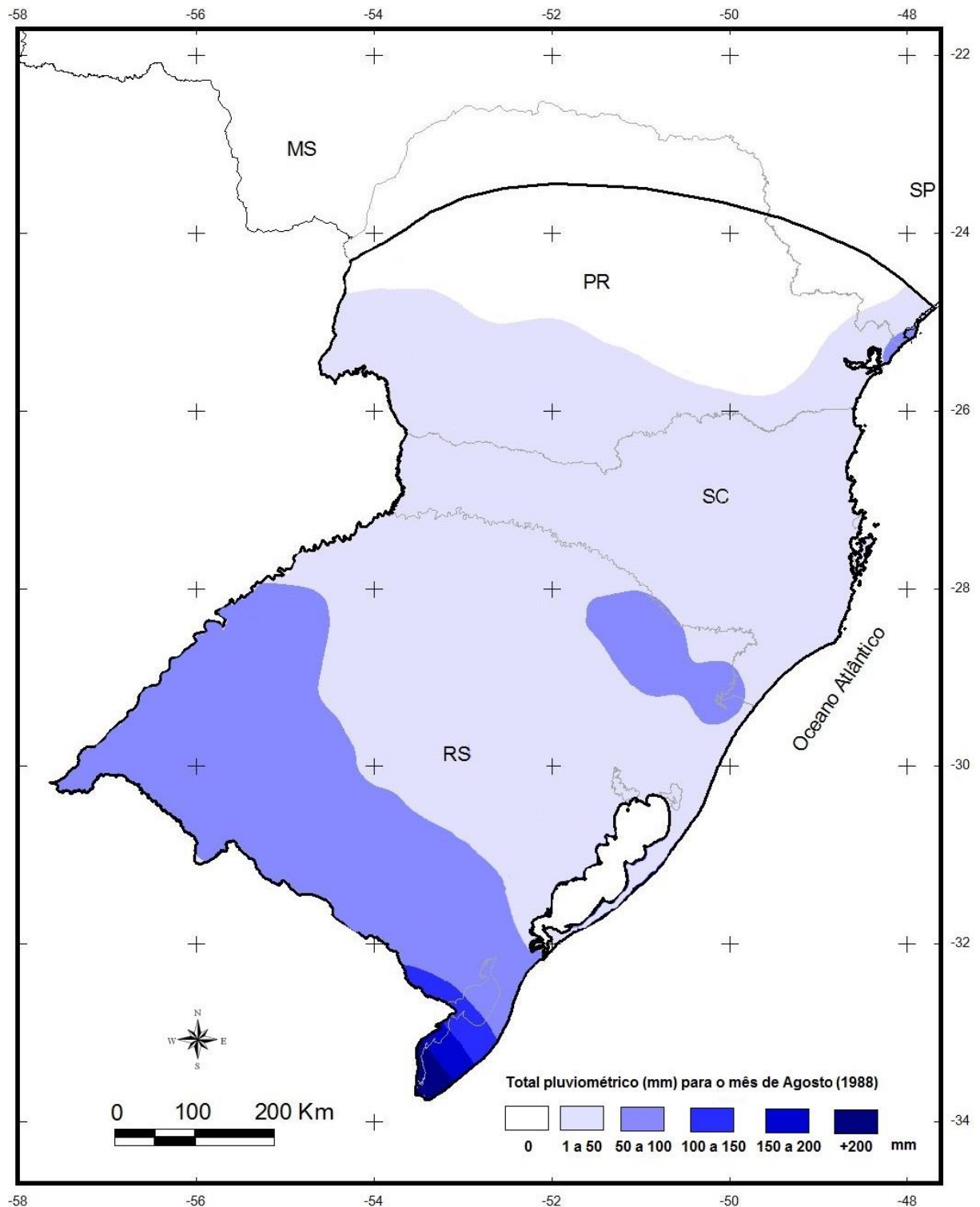
**Figura 15** – Total Pluviométrico (mm) para o mês de Agosto (1983)





Em agosto de 1988 (figura 17), novamente este bloqueio atmosférico se configurou na área de estudo. Do ponto de vista das teleconexões, este ano apresentou El Niño moderado, mas também La Niña, demonstrando que este ciclo ocorre a partir da influência de mais de um fator atmosférico.

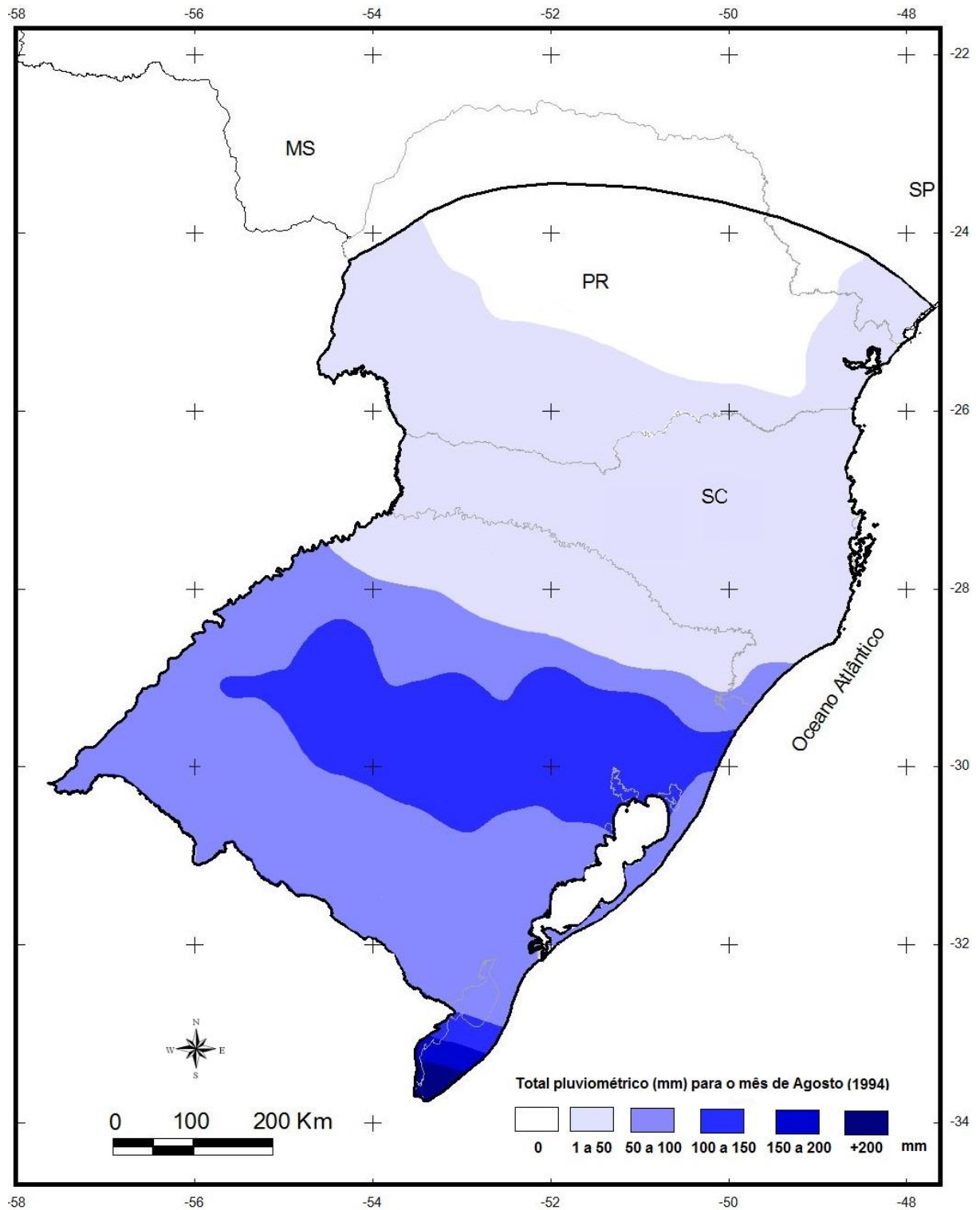
Destaca-se que em agosto de 1988 o total pluviométrico não ultrapassou a média histórica para o período, sendo que o sul do Rio Grande do Sul é que apresentou os maiores totais, principalmente influenciado pelas Frentes que caracterizam as chuvas desta região.



**Figura 17 – Total Pluviométrico (mm) para o mês de Agosto (1988)**

Em 1994 (figura 18) os resultados ficaram parecidos com o de 1988, porém destaca-se a influência latitudinal do bloqueio, sendo que a maioria dos Sistemas Frontais atuaram principalmente na faixa central do Estado do Rio Grande do Sul. O bloqueio não possibilitou acúmulo de chuva em boa parte do Paraná e avançou para

latitudes maiores diminuindo o total pluviométrico do período em todo o estado de Santa Catarina e norte gaúcho.



**Figura 18 – Total Pluviométrico (mm) para o mês de Agosto (1994)**

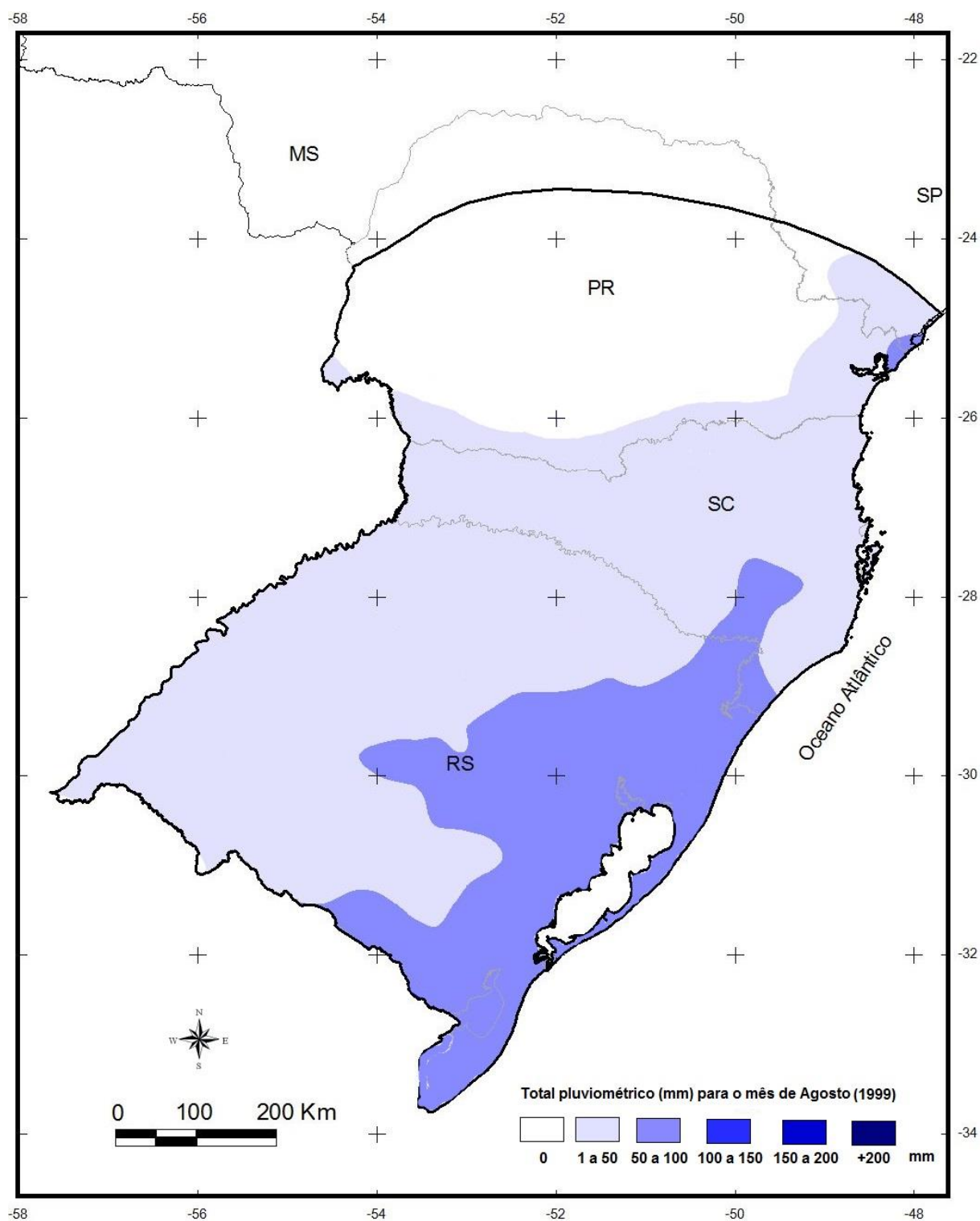


Em agosto de 1999 (figura 19) as condições de anomalias negativas de TSM persistiram no Oceano Pacífico Equatorial, porém, com uma maior área de abrangência em relação ao mês de julho. Essa situação indicou um fortalecimento do fenômeno La Niña no período.

Segundo o boletim climatológico (INPE/CPTEC) deste mês, durante o período observou-se o estabelecimento de um trem-de-ondas ao longo das latitudes extratropicais do Hemisfério Sul. A configuração zonal do trem de ondas ao redor da América do Sul influenciou no deslocamento dos Sistemas Frontais para o Oceano Atlântico, afetando pouco a região continental. Esse comportamento anômalo explica o extenso período de estiagem observado sobre a Região Sudeste, Centro-Oeste do Brasil e norte do Paraná.

As precipitações foram baixas para a maior parte da área de estudo variando principalmente entre 1 e 50 mm, sendo que em cerca de 80% do Paraná a pluviosidade foi zero. Durante agosto as frentes frias passaram rapidamente pela Região, o que fez com que as precipitações não fossem suficientes para atingir a normal climatológica.

Este ano apresentou a maior área seca dentro dos ciclos de agosto analisados.



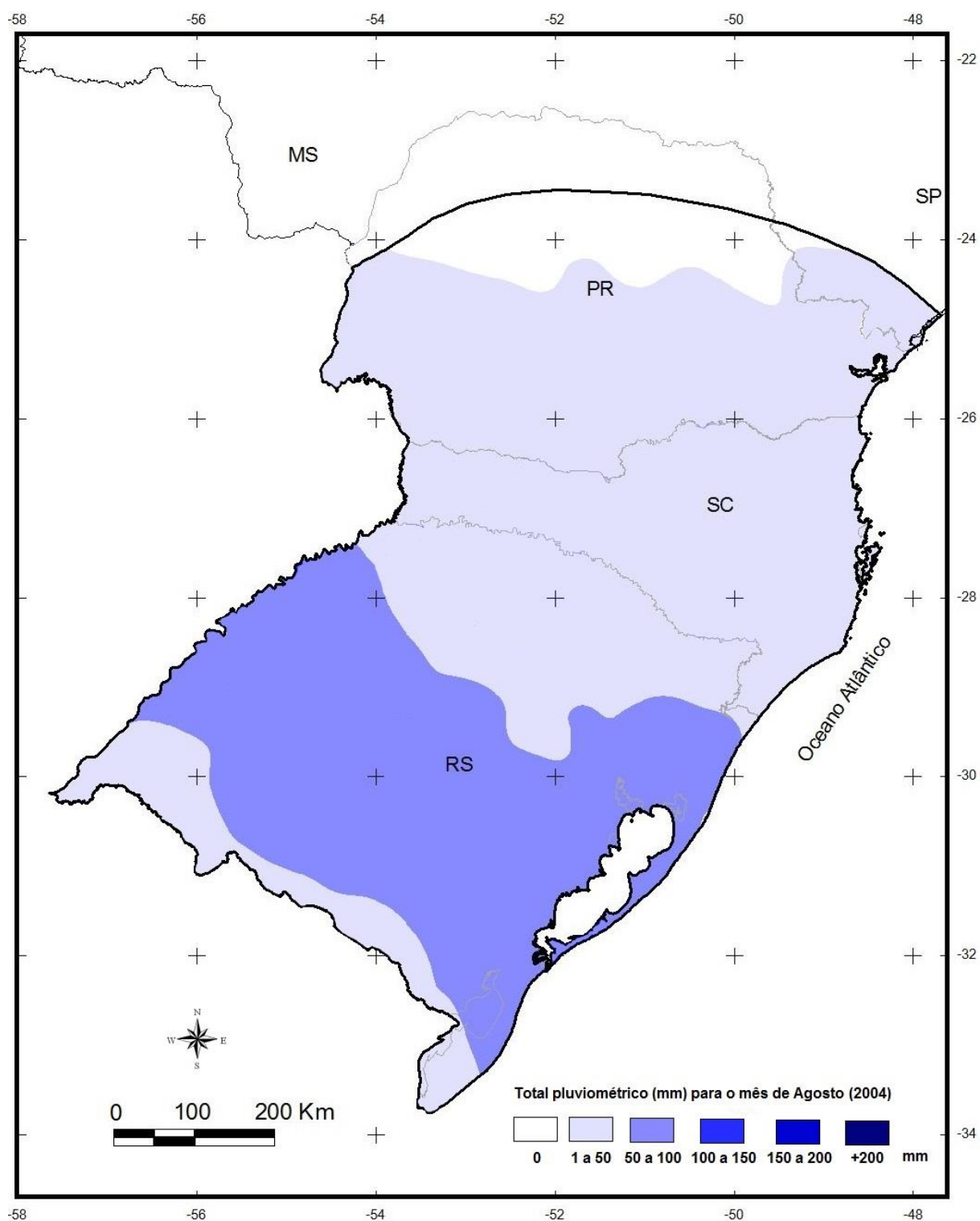
**Figura 19 – Total Pluviométrico (mm) para o mês de Agosto (1999)**

Em agosto de 2004 (figura 20), o bloqueio apresentou uma abrangência menor na área de estudo, porém o volume precipitado foi baixo sendo que os maiores totais foram registrados no Rio Grande do Sul. No mês de agosto, o rápido deslocamento dos sistemas frontais para latitudes mais ao norte proporcionou déficit significativo de precipitação em toda a Região Sul.

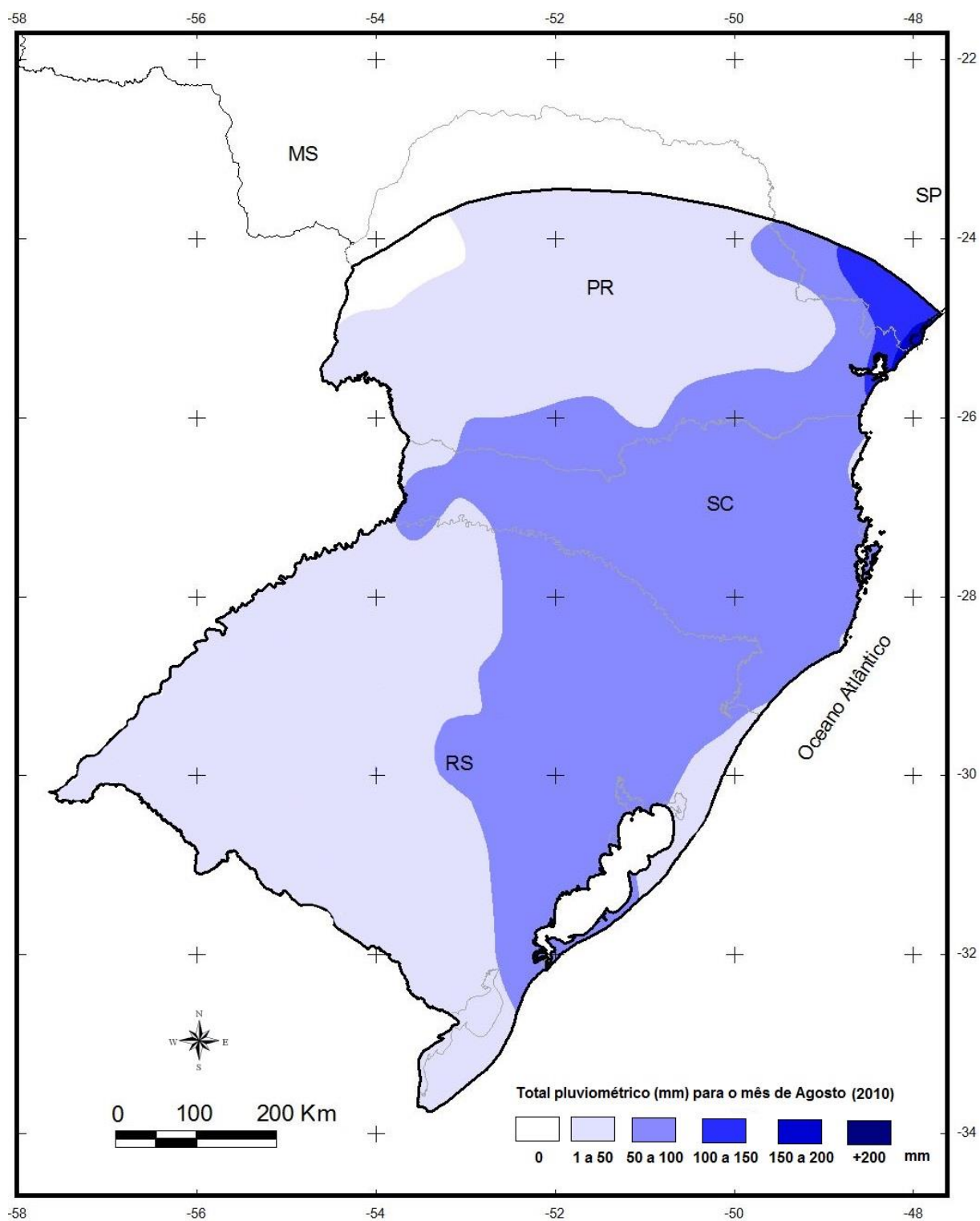
Durante a primeira quinzena de agosto, a fraca atuação dos sistemas frontais, no sul do País, contribuiu para a ocorrência de chuvas abaixo da média histórica em grande parte da Região. Choveu menos que 25 mm no Paraná, enquanto valores entre 25 mm e 50 mm ocorreram em áreas do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

O ano de 2010 (figura 21) registrou a menor influência do bloqueio considerando os períodos analisados. Destaca-se que este ano foi influenciado pela ação do fenômeno La Niña que influenciou em totais abaixo da média em grande parte da área de estudo e com influências no mês de agosto.

A ação do La Niña favoreceu a diminuição da atividade convectiva na região central da América do Sul, principalmente no centro-sul do Brasil e leste da Bolívia, caracterizando o bloqueio que influenciou na dinâmica pluviométrica da área de estudo.

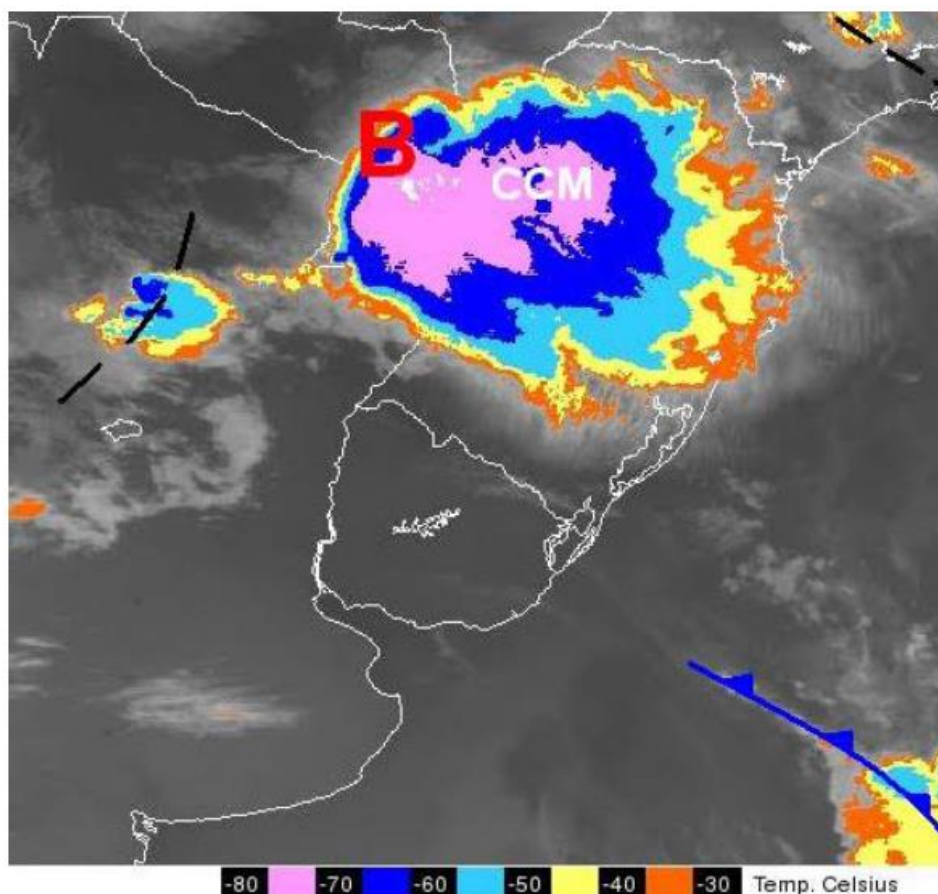


**Figura 20 – Total Pluviométrico (mm) para o mês de Agosto (2004)**



**Figura 21 – Total Pluviométrico (mm) para o mês de Agosto (2010)**

Os complexos convectivos de mesoescala (CCMs) são aglomerados de nuvens convectivas, com forma aproximadamente circular, que se originam durante a madrugada sobre o Paraguai e norte da Argentina, deslocando-se posteriormente para leste e atingindo a Região Sul do Brasil (Figura 22).



**Figura 22:** Complexo Convectivo de Mesoescala na Região Sul do Brasil (03 de dezembro de 2010). Fonte: CPTEC, INPE, 2012 – Debortoli, 2013.

Os CCM's surgem, muitas vezes, pela aproximação da frente fria, e se juntam a ela formando um único sistema – uma frente fria de forte intensidade –, ou desenvolve-se isoladamente. Mas, para que esse sistema se forme e adquira suas características de instabilidade é preciso que ocorra forte advecção de ar quente e úmido proporcionada por um jato em baixos níveis (JBN) proveniente da Amazônia (VELASCO; FRITSCH, 1987 apud MONTEIRO, 2011, p. 69).

O tempo associado aos CCMs é muito instável, com presença de muitas nuvens principalmente os cumulonimbus e nimbostratus. As chuvas são em forma

de pancadas fortes, acompanhadas de intensas rajadas de ventos, granizo isolado e até tornados (DIAS, 1996).

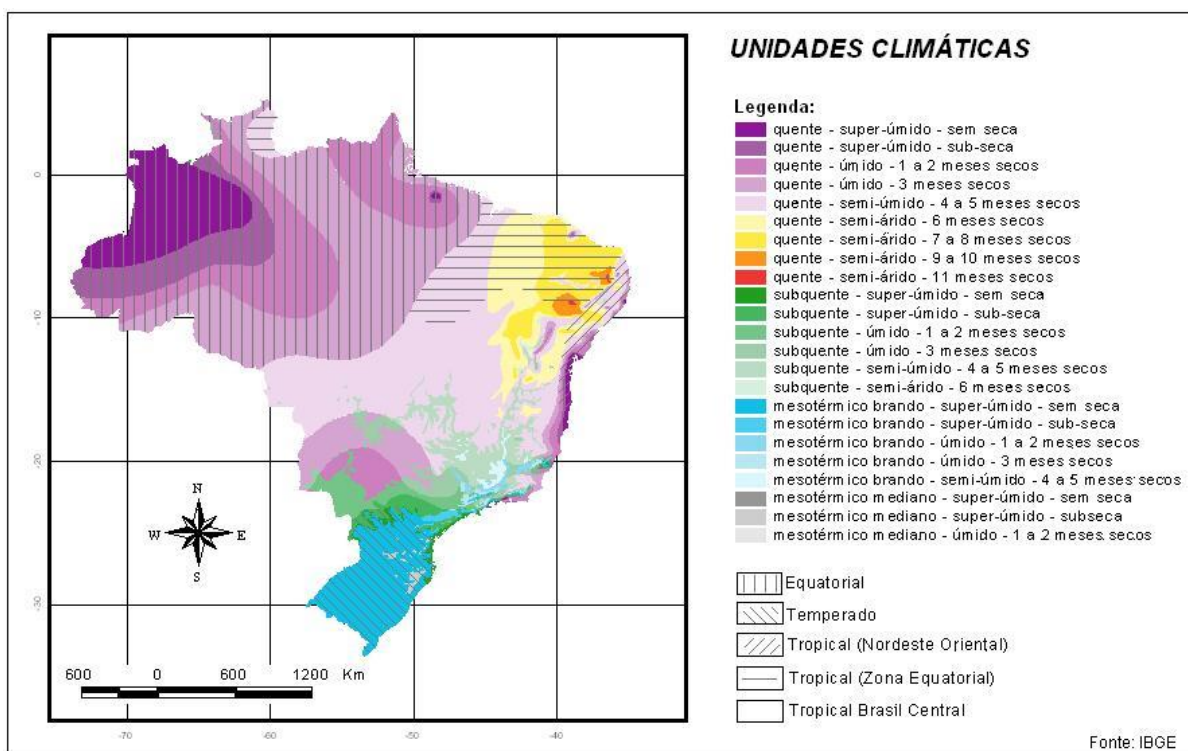
## **II. 1.4 Classificações climáticas**

Assim como a dinâmica climática, a classificação também representa um importante aporte de análise dos fatores e elementos climáticos.

A classificação tem como objetivo definir no espaço os diferentes tipos climáticos atuantes. Parte da análise de grande quantidade de informações, sendo estas baseadas nas informações meteorológicas e possíveis fatores que podem influenciar na dinâmica climática. Os vários elementos combinados muitas vezes dependem dos propósitos a que uma classificação se destina.

O conhecimento da tipologia climática de uma região fornece indicativos de grande escala acerca das condições médias de pluviosidade e temperatura.

Para entender as classificações climáticas pertinentes a área de estudo, foram descritas a classificação de Koppen (1928 – Figura 23) e IBGE (1998 – Figura 24).

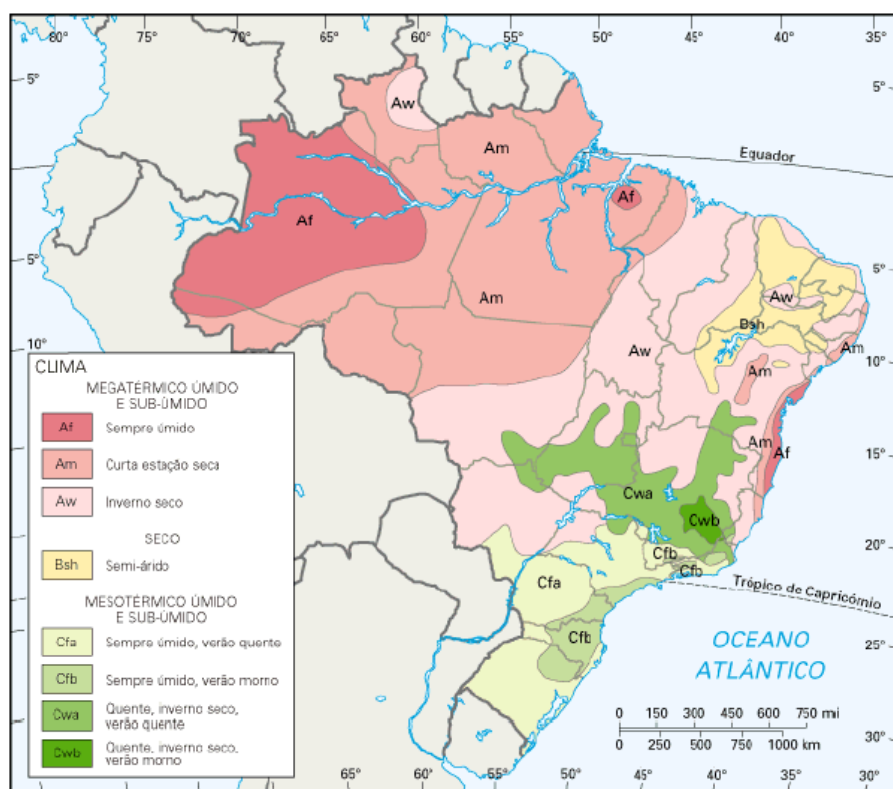


**Figura 23:** Classificação Climática - IBGE

Segundo o IBGE (1997), o clima do Brasil divide-se em Equatorial, Tropical Zona Equatorial, Tropical Nordeste Oriental, Tropical Brasil Central e Temperado. Subdivide-se em quente super-úmido sem seca ou sub-seca, quente e úmido com 1 a 2 meses secos ou 3 meses secos, quente semi-úmido com 4 a 5 meses secos, quente semi-árido com 6 meses secos, 7 a 8 meses secos, 9 a 10 meses secos e 11 meses secos, sub-quente super úmido com sub-seca, subquente úmido com 1 a 2 meses secos ou 3 meses secos, subquente semi-úmido com 4 a 5 meses secos, mesotérmico brando super-úmido sem seca, mesotérmico brando úmido com 1 a 3 meses secos, mesotérmico brando semi-úmido com 4 a 5 meses secos e mesotérmico mediano super-úmido com subseca.

- O clima subtropical/temperado predomina ao sul do Trópico de Capricórnio, compreendendo parte de São Paulo, Paraná e os Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Caracteriza-se por temperaturas médias inferiores a  $18^{\circ}\text{C}$ , com amplitude térmica entre  $9^{\circ}\text{C}$  e  $13^{\circ}\text{C}$ . Nas áreas mais elevadas, o verão é suave e o inverno frio, com nevascas ocasionais. Chove entre 1.500 mm e 2.000 mm/ano na média, de forma bem distribuída ao longo das estações.





**Figura 24:** Classificação Climática - Koppen

A classificação de Koppen (figura 24) baseia-se em valores médios mensais e anuais de temperatura e precipitação, utilizando-se também dos dados de vegetação para determinar os limites climatológicos.

A classificação de Koppen é representada por cinco grandes climas (A a E), sendo detalhado por duas ou três letras minúsculas do alfabeto que inserem características mais detalhadas.

- **Cfb**: Clima temperado, com verão ameno. Chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca e a temperatura média do mês mais quente não chega a 22°C. Precipitação de 1.100 a 2.000 mm. Geadas severas e freqüentes, num período médio de ocorrência de dez a 25 dias anualmente;
- **Cfa**: Clima Subtropical Úmido (Mesotérmico), com média do mês mais quente superior a 22°C e no mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca definida, verão quente e geadas menos freqüentes;
- **Cwb**: Clima subtropical de altitude, com inverno seco e verão ameno. A temperatura média do mês mais quente é inferior a 22°C;
- **Cwa**: Clima subtropical de inverno seco (com temperaturas inferiores a 18°C) e verão quente (com temperaturas superiores a 22°C);

→ **Af**: Clima tropical úmido ou superúmido, sem estação seca, sendo a temperatura média do mês mais quente superior a 18°C. O total das chuvas do mês mais seco é superior a 60 mm, com precipitações maiores de março a agosto, ultrapassando o total de 1.500 mm anuais. Nos meses mais quentes (janeiro e fevereiro) a temperatura é de 24 a 25°C;

→ **Am**: Clima tropical úmido ou sub-úmido. É uma transição entre o tipo climático Af e Aw. Caracteriza-se por apresentar temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18°C apresentando uma estação seca de pequena duração que é compensada pelos totais elevados de precipitação;

→ **Aw**: Clima tropical, com inverno seco. Apresenta estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (julho é o mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C. As precipitações são superiores a 750 mm anuais, atingindo 1800 mm;

→ **As**: Clima tropical quente e úmido, com estação seca no inverno. É caracterizado pela ausência de chuvas de verão e sua ocorrência no "inverno" (que corresponde à estação chuvosa e não ao inverno propriamente dito), com índices pluviométricos por volta de 1.600 mm anuais;

→ **BSw**: Clima seco com chuvas no verão, com precipitações anuais sempre inferiores a 1000 mm e normalmente inferiores a 750 mm;

→ **BSh**: Clima Semi-árido quente. É caracterizado por escassez de chuvas e grande irregularidade em sua distribuição; baixa nebulosidade; forte insolação; índices elevados de evaporação, e temperaturas médias elevadas (por volta de 27°C). A umidade relativa do ar é normalmente baixa, e as poucas chuvas - de 250 mm a 750 mm por ano - concentram-se num espaço curto de tempo, provocando enchentes torrenciais. Mesmo durante a época das chuvas (novembro a abril), sua distribuição é irregular, deixando de ocorrer durante alguns anos e provocando secas.

Segundo a classificação de Koppen, a área de estudo encontra-se sob o domínio dos climas Cfa e Cfb, sendo que as planícies e regiões mais baixas são atribuídas ao tipo Cfa, e as regiões mais altas ao Cfb.

A classificação climática de Koppen abrange uma escala macroclimática, baseando-se em dados mensais de temperatura do mês mais frio e quente, a chuva do mês mais seco e dados anuais de chuva. A escala de análise utilizada pode deixar de considerar elementos importantes na classificação climática quando esta é micro ou mesoclimática.

Pode-se dizer que a mesma apresenta uma abordagem quantitativa do modelo climático, sendo interessante didaticamente fornecendo uma visualização inicial do clima regional. Mas, esta classificação apresenta algumas falhas que merecem destaque, como o pequeno número de detalhes e limites definidos, sem áreas de transição entre os tipos climáticos passando a impressão de quebra de característica climática, destoando da ideia do dinamismo climático.

## II.2 – Caracterização geral da pluviosidade da Região do Clima Subtropical do Brasil

O Brasil devido a sua grande extensão territorial possui diferentes regimes climáticos e apresenta condições bastante diversificadas e influenciadas pela sua configuração geográfica, sua significativa extensão costeira, seu relevo e pela dinâmica das massas de ar que atuam sobre seu território.

Através da variabilidade mensal, sazonal e anual da precipitação pluviométrica, foi possível verificar a dinâmica espaço-temporal desta variável na área de estudo. Foram analisadas 635 estações pluviométricas distribuídas na área de estudo. Na análise sazonal, foram considerados como verão os meses de dezembro, janeiro e fevereiro; outono, os meses de março, abril e maio; inverno, os meses de junho, julho e agosto e primavera os meses de setembro, outubro e novembro.

A pluviosidade média do total anual na região do Clima Subtropical para o período temporal selecionado ficou em 1690,8 mm. Na análise sazonal, a pluviosidade apresenta-se de forma onde não se verificam meses ou estação seca, e sim períodos de menor precipitação, sendo que a média no verão é 509,5 mm, outono 394,2 mm, no inverno 318,8 mm e 466,9 mm na primavera.

Analizando a (Figura 25) da Pluviosidade Média Anual, observa-se que as maiores médias anuais no período (1977-2011) estão no litoral sul de São Paulo, no Litoral do Paraná e litoral norte de Santa Catarina, passando dos 2400 mm/ano.

Esta característica é condicionada pela influência do relevo que intensifica as chuvas orográficas, bem como da localização em relação às dinâmicas atmosféricas, como por exemplo, a importância da atuação da Massa Tropical Atlântica (principalmente no verão e primavera) e dos Sistemas Frontais que atuam nesta área tanto no seu trajeto continental como oceânico.

Do primeiro planalto paranaense para o segundo verifica-se uma diminuição da pluviosidade média anual, associada pelas características do relevo, que formam um bloqueio que reduz a atuação da MTA bem como um reflexo da atuação dos bloqueios atmosféricos que influenciam na parte norte da área de estudo.

A influência do relevo nos sistemas atmosféricos é assim descrita por Armani e Tarifa (2000, p. 10) apud Monteiro (2007, p. 20):

“Um sistema atmosférico, ao passar por áreas cujo relevo possua significativa amplitude altimétrica com uma declividade média à alta, de modo a promover e/ou intensificar a compressão ou a descompressão adiabática, produzirá diferentes totais pluviais de acordo com a exposição (maior ou menor) do relevo (serras, vales) a este sistema. Por exemplo, as áreas a barlavento de uma determinada serra farão com que os ventos de um sistema atmosférico subam as vertentes, provocando a descompressão adiabática, que instabiliza a parcela de ar ascendente e induz um aumento na pluviosidade neste lado da serra (barlavento). A sotavento o processo é inverso. Os ventos descerão as vertentes e sofrerão compressão adiabática, que estabiliza a parcela de ar descendente e reduz os totais pluviométricos” (p.10).

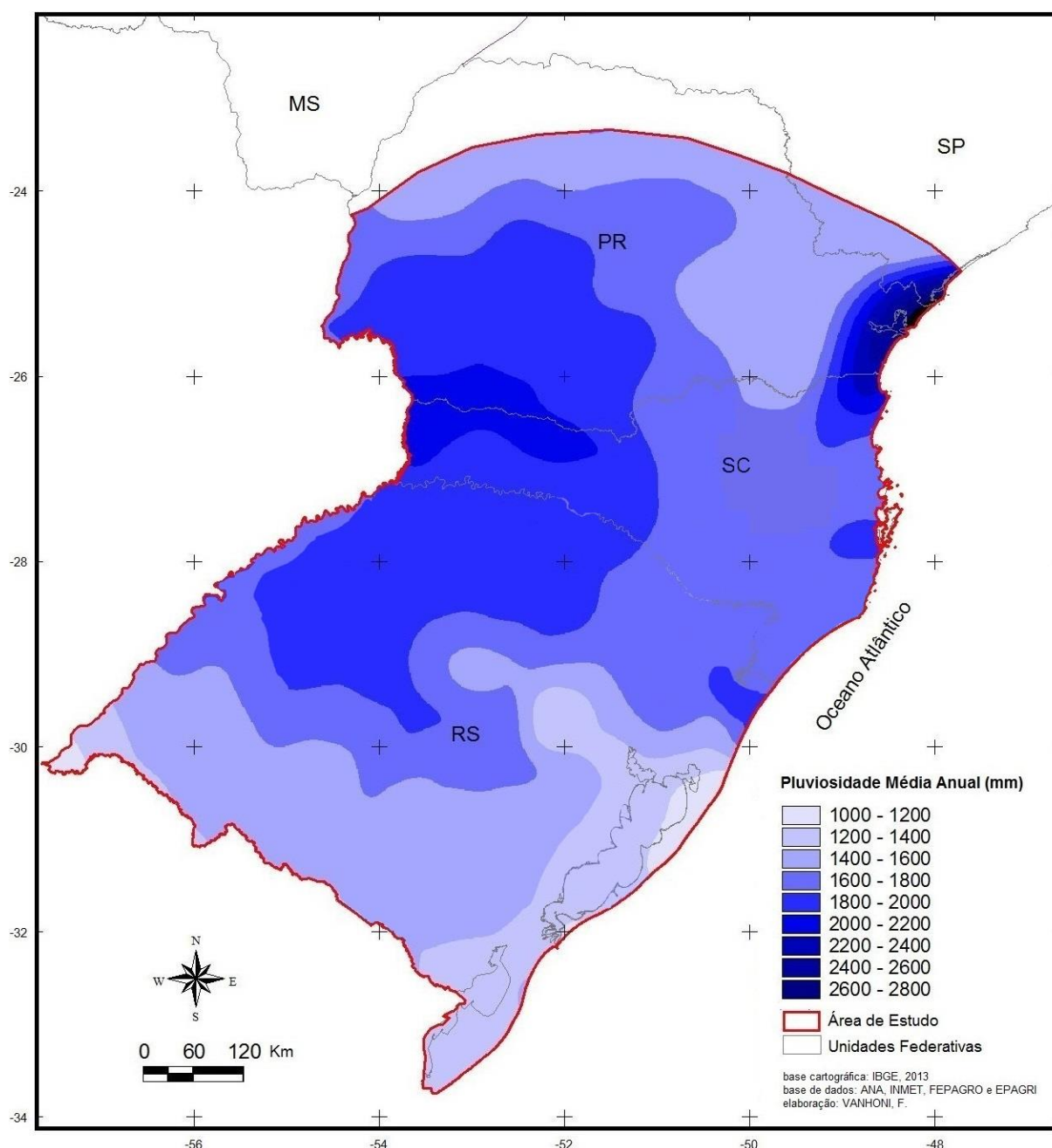
A atuação dos sistemas atmosféricos de origem oceânica (MTA e MPA) e equatorial (MEC no verão) respondem por um elevado índice pluviométrico regional (de 1.200mm em Maringá/PR até 1.950mm em Chapecó/SC), sendo representativa no interior, na porção litorânea e nas elevações da Serra do Mar e da Serra Geral (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007, p. 178).

Ao analisar o mapa (figura 25), percebe-se que a distribuição da pluviosidade na área de estudo não é homogênea, apresentando características influenciadas tanto por fatores estáticos como os dinâmicos.

A atuação dos Complexos convectivos de mesoescala e da baixa do Chaco influenciam nos totais pluviométricos da parte oeste da área de estudo, principalmente sudoeste do Paraná, oeste de Santa Catarina e noroeste do Rio Grande do Sul.

No Rio Grande do Sul é onde são registradas as menores médias da área de estudo, sendo que a distribuição oscila no sentido norte (mais chuvoso) e sul (menos chuvoso), indicando a influência conjugada dos sistemas atmosféricos, com as formas de relevo e correntes marítimas.

A altitude, constitui um fator que, associado aos sistemas atmosféricos, incrementa o volume de precipitação no norte gaúcho, uma vez que o Planalto Basáltico favorece a subida do ar, a formação de nuvens e a precipitação. Além disso, o posicionamento do vale do rio Uruguai no norte do Rio Grande do Sul ocasiona a ascensão do ar tanto na direção norte (Santa Catarina), quanto sul (RS), também incrementando a precipitação (ROSSATO, 2011, p. 108).



**Figura 25:** Pluviosidade média anual (1977-2011)

No extremo sul do Rio Grande do Sul e na costa do Uruguai a corrente fria das Malvinas exerce influência importante, pois reduz a temperatura do ar sobre a sua superfície de atuação.

Este ar menos aquecido, na ocasião da passagem da frente fria, não gera um contraste térmico suficiente para promover a ascensão de ar e a formação de nuvens capazes de gerar índices importantes de precipitação (ROSSATO, 2011, P. 109).

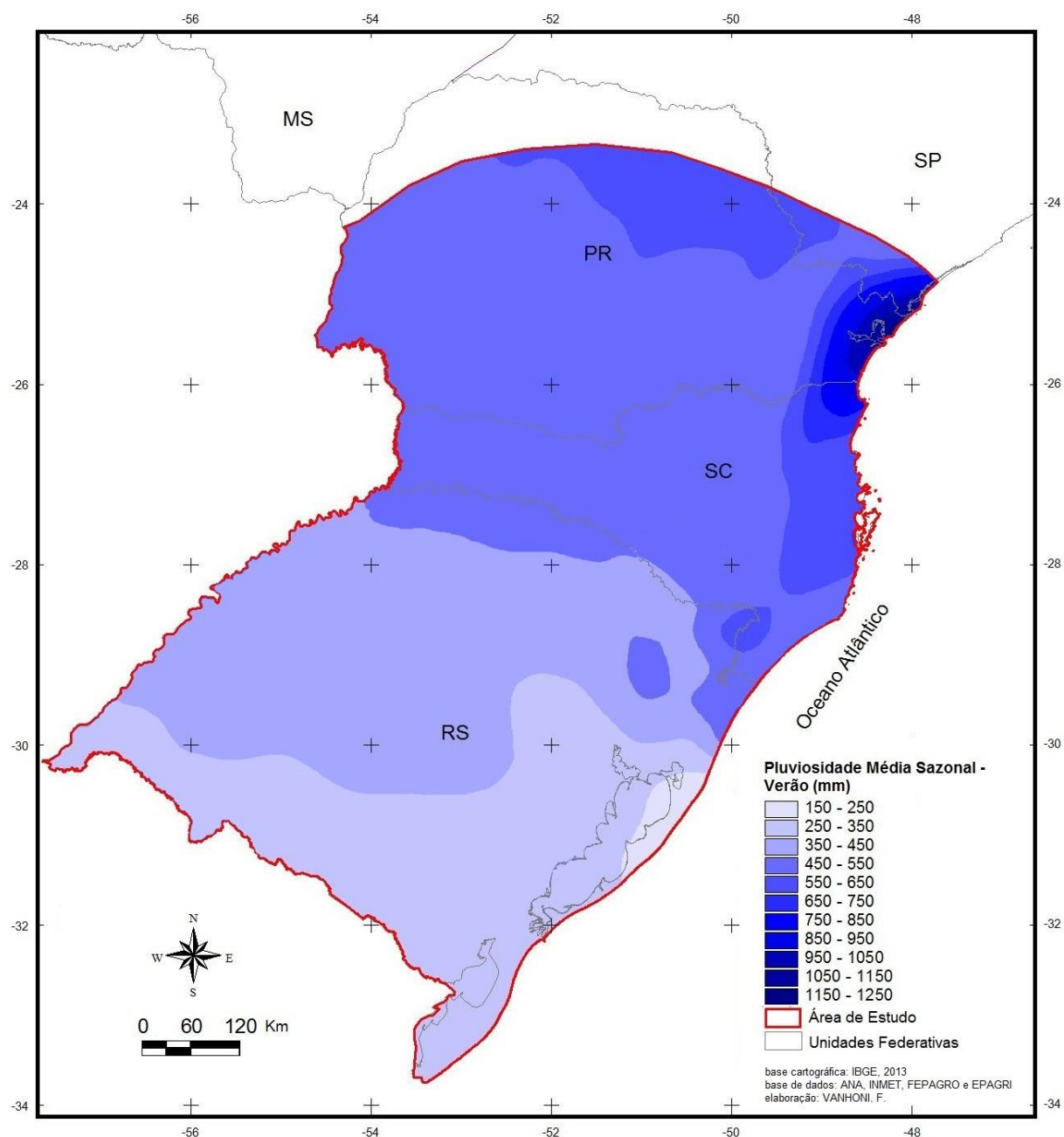
Em relação à Pluviosidade média sazonal, no verão (figura 26), a intensidade pluviométrica é maior nas regiões da área de estudo que abrange os Estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina. No Rio Grande do Sul, na maior área a média não passa de 350 mm, diferentemente do litoral do Paraná e São Paulo onde a média no verão ultrapassa os 1000 mm.

No verão a atuação da Massa Tropical Atlântica é mais acentuada e influencia diretamente no total pluviométrico sazonal. Na Região, totais de chuva acima de 450 mm ocorrem no Estado do Paraná e inferiores a 400 mm no sul e sudeste do Rio Grande do Sul.

De acordo com Grimm (2009), no verão o aquecimento da superfície e o aporte de umidade para o interior do continente instabilizam a atmosfera produzindo mais convecção. Tanto o aquecimento quanto a convergência de umidade são maiores no nordeste do Estado, nas proximidades da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Os Sistemas Convectivos de Mesoescala (SCMs) também são frequentes e responsáveis por grande parte da precipitação total, principalmente nas estações de transição.

Nesta estação, a intensidade de calor em conjunto com os altos índices de umidade, favorece a formação de convecção tropical, resultando em pancadas de chuva que ocorrem principalmente no final da tarde. Esta dinâmica influencia diretamente no total pluviométrico do verão, com destaque para os Estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. A passagem de frentes frias pode intensificar a convecção tropical, resultando também em chuvas fortes.

Segundo Monteiro (2011, p.71), no norte da área de estudo até Santa Catarina a formação de tempestades também pode estar associada à ZCAS, que forma uma banda de nebulosidade e chuvas, desde o sul do Amazonas, passando por boa parte da região central do país, chegando até a Região Sul.



**Figura 26:** Pluviosidade média sazonal – verão (1977-2011)



No outono (figura 27), a média para a área de estudo é de 394,2 mm, sendo que a menor média é registrada na estação Barra do Quaraí/RS com 270,9 mm e a maior média na estação Rio Guaraqueçaba/PR com 717,3 mm.

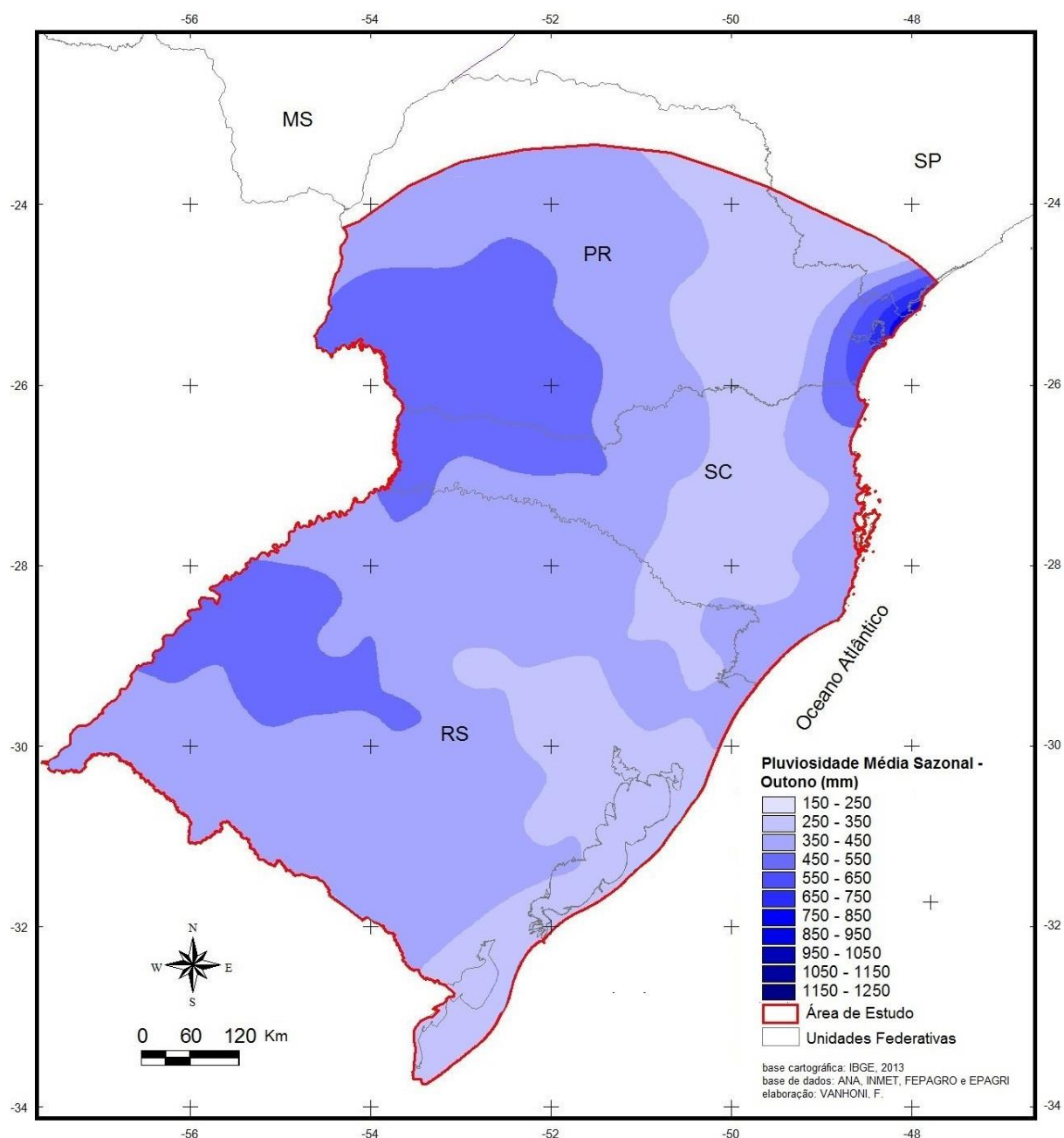
Nesta estação, os totais pluviométricos ainda são influenciados pela atuação da Massa Tropical Atlântica em São Paulo, no Paraná e em Santa Catarina, mas verifica-se uma maior atuação das Massas Polares intensificando a média no Rio Grande do Sul.

Observam-se uma distribuição mais homogênea no Estado do Rio Grande do Sul, devido principalmente as passagens frontais.

Sendo uma estação de transição entre o verão e inverno, no outono verificam-se características de ambas, ou seja, mudanças rápidas nas condições de tempo, maior frequência de nevoeiros e registros de geadas em locais serranos das Regiões Sudeste e Sul. Nota-se uma redução das chuvas em grande parte da área de estudo, sendo que as médias ficam próximas considerando a divisão estadual.

Destaca-se que esta estação representa um período onde os bloqueios atmosféricos são muito frequentes, dificultando o avanço das frentes frias para latitudes mais baixas, sendo que geralmente as frentes frias chegam ao Rio Grande do Sul e são desviadas para o oceano. A estabilidade atmosférica persistente, ocasionada pela falta de passagens frontais e ainda a diminuição da convecção proporcionada pelo calor da tarde, resultam em períodos de tempo bom e sem ocorrência de chuva.

Sendo uma característica desta estação, a diminuição da pluviosidade associada com outros fatores atmosféricos, pode causar estiagens que tomam proporções maiores quando intensificadas em anos de La Niña.



**Figura 27:** pluviosidade média sazonal – outono (1977-2011)

No inverno (figura 28) a maior média é registrada na estação de Gramado/RS com 504,3 mm, e a menor média é encontrada na estação Porto Jaú/SP com 138,4 mm. Nesta estação, devido à maior atuação da Massa Polar Atlântica a média diminui nas latitudes mais baixas. Considerando a divisão estadual, no inverno a maior média registrada é no Rio Grande do Sul com 385,1 mm e a menor em São Paulo com 234,4 mm.

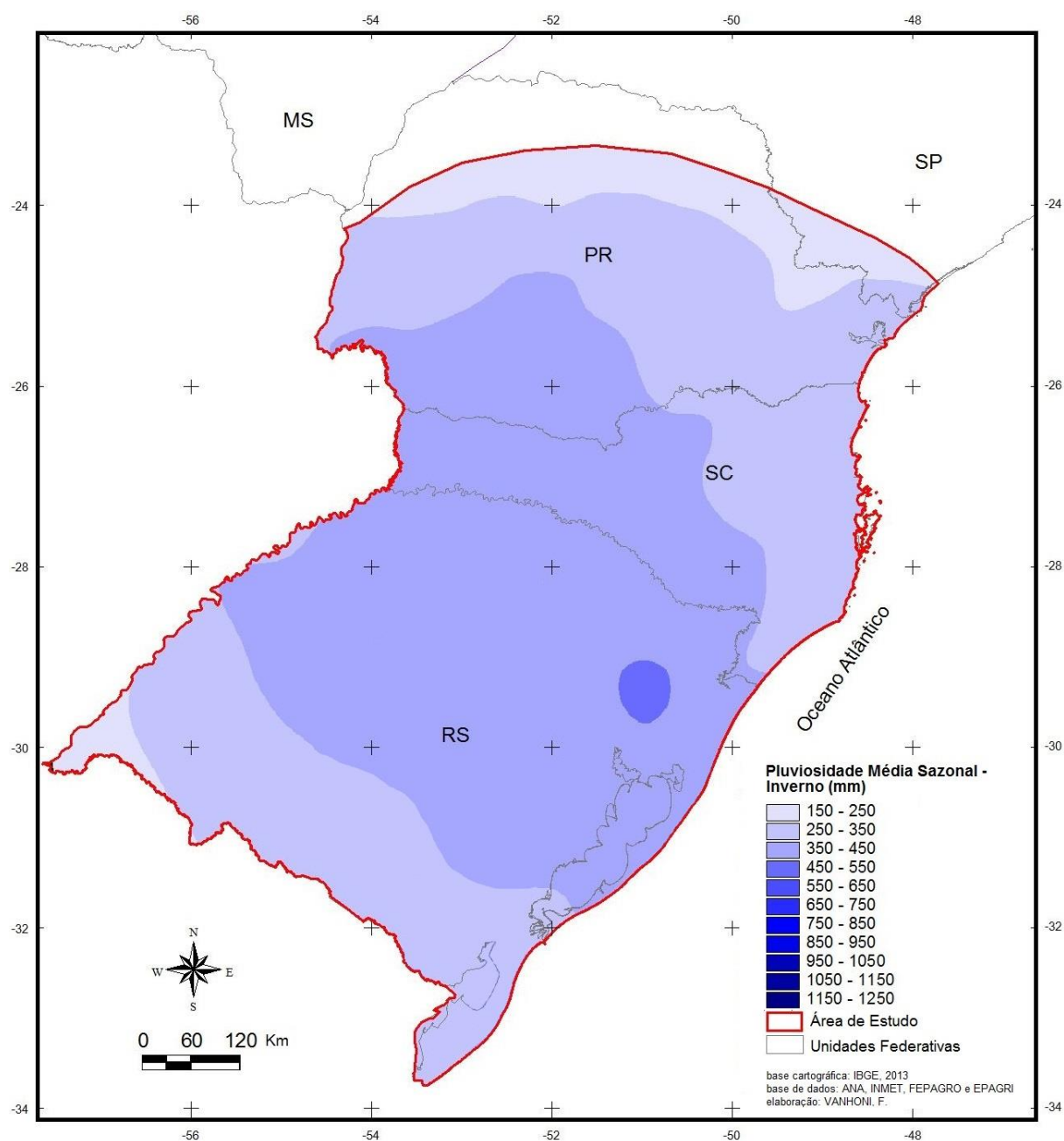
O inverno é caracterizado pelos menores valores de precipitação acumulada analisando-se a climatologia disponível. As chuvas apresentam distribuição espacial seguindo a trajetória típica das passagens de sistemas frontais (frente fria). Os meses de junho, julho e agosto são os "mais secos" do ano. A partir de setembro as chuvas começam a sofrer alterações em seu regime, com o desenvolvimento de áreas de instabilidade associadas ao aquecimento mais pronunciado.

Durante o inverno, a trajetória dos anticiclones é mais continental, ao contrário do observado em meses de verão e outono, como destacam os estudos de MONTEIRO e FURTADO (1995), possibilitando a formação de frentes frias que se prolongam pelo interior do continente.

Os sistemas frontais à superfície e os vórtices ciclônicos (baixa pressão) em altitude de aproximadamente 5.000 metros, são os principais responsáveis pela precipitação nesse período. Como as condições atmosféricas são mais dinâmicas, as sucessivas incursões frontais chegam a alcançar, segundo NIMER (1971), a extraordinária regularidade de uma frente por semana.

O volume pluviométrico registrado nesta estação, é pouco superior comparado com o outono para muitas estações analisadas.

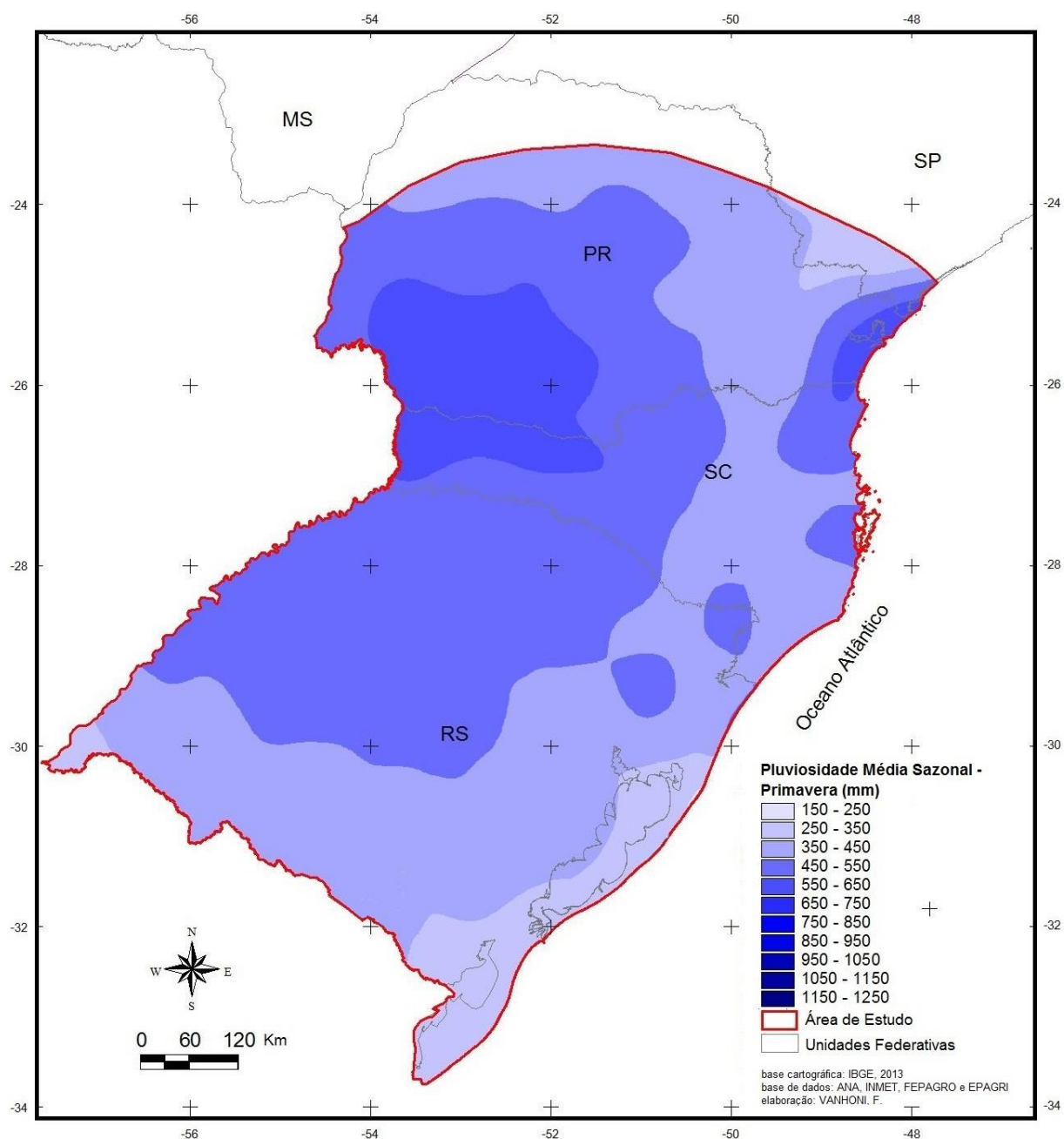
A região oeste da área de estudo também destaca-se com os maiores volumes de chuva neste período, sendo que esta realidade pode ser explicada pela influência da "Baixa do Chaco" na organização de condições de tempo mais instáveis, associadas às frentes frias. Essas condições de tempo formadas por pancadas de chuva e trovoadas, atingem com mais intensidade as regiões Oeste, Meio-Oeste e Planalto.



**Figura 28:** Pluviosidade Média Sazonal – Inverno (1977-2011)

Na primavera (figura 29), observa-se uma maior atuação da Massa tropical Atlântica e um recuo na atuação da Massa Polar Atlântica, sendo que a menor média é registrada em Barra do Quaraí/RS com 288,8 mm e a maior média é registrada em Garuva/SC com 689 mm. Em Garuva/SC a média é influenciada pela característica do relevo no litoral da área de estudo que intensifica as chuvas orográficas. Durante os meses da primavera é observado um aumento natural no volume das chuvas conforme o histórico disponível. As chuvas são decorrentes do deslocamento de sistemas frontais (frentes frias ou quentes) e também de eventos de curta duração que se desenvolvem devido à associação das altas temperaturas com a maior quantidade de umidade no ar. Ocorrências de eventos severos como rajadas de ventos moderadas a fortes, granizos e grande quantidade de raios fazem parte da climatologia da estação da primavera.

A primavera destaca-se por apresentar tempo mais instável, sendo que esta situação é ocasionada principalmente pelos Complexos convectivos de mesoescala (CCMs) que geralmente se formam no norte da Argentina e se deslocam para leste atingindo a região de clima subtropical do Brasil, que quando influenciada registra fortes pancadas de chuva.



**Figura 29: Pluviosidade Média Sazonal – Primavera (1977-2011)**

## **II.3 – Variabilidade da pluviosidade associada ao El Niño e ao La Niña**

O El Niño é um fenômeno oceânico caracterizado, principalmente, pelo aquecimento anormal das águas superficiais nas porções central e leste do Oceano Pacífico, nas proximidades da América do Sul, mais particularmente na costa do Peru. A corrente de águas quentes que ali circula, normalmente em direção sul no início do verão, somente recebe o nome de El Niño quando a anomalia térmica atinge proporções muito elevadas (em torno de 4°C a 6°C acima da média térmica que é de 23°C). Dito de outra maneira, trata-se de uma alteração da dinâmica normal da Célula de Walker (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007, p. 189).

Muitos estudos comprovam que os episódios El Niño e La Niña afetam a quantidade de chuva em várias regiões do planeta, causando impactos significativos na agricultura, nas áreas urbanas e sobre o gerenciamento de recursos hídricos. Os eventos extremos afetam a população urbana através de enchentes e deslizamentos de terra.

As fases extremas da Oscilação Sul (El Niño e La Niña) provocam significativas alterações nos totais mensais e sazonais de precipitação no Sul do Brasil. Entre elas, pode-se citar que a fase negativa da Oscilação Sul (El Niño, EN) traz primaveras mais chuvosas, além de aumentar a precipitação no inverno do ano seguinte ao início do evento. Já a fase positiva (La Niña, LN) produz primaveras mais secas (Grimm et al., 2000, p. 1101).

Nos anos de 1982/1983 ocorreu um evento de El Niño de grande magnitude, ocasionando um aumento expressivo no total pluviométrico na região subtropical do Brasil e consequentes desastres como deslizamentos e enchentes e enxurradas principalmente na região litorânea.

Muitos estudos comprovaram que no período de atuação do El Niño, há um aumento significativo dos totais pluviométricos na região subtropical do Brasil. Porém, o acréscimo não apresenta distribuição uniforme nos meses, sendo que alguns apresentam maiores variações.

A maior fonte de variabilidade interanual de precipitação são os eventos El Niño e La Niña. As variações decadais/interdecenais apresentam menor diferença entre fases opostas (alterações por até fator de dois), mas são relevantes em termos de adaptação porque são persistentes, podendo causar secas prolongadas ou décadas com mais eventos extremos de chuva (PBMC, 2015, p. 10).

Principal fonte de variabilidade interanual na América do Sul é o fenômeno ENOS. Este fenômeno de abrangência global funciona como uma oscilação acoplada do oceano-atmosfera que produz alterações na superfície do mar, na pressão, nos ventos e na convecção tropical. Suas características são mais facilmente observadas no Oceano Pacífico com reflexos em outros lugares do planeta como o Brasil.

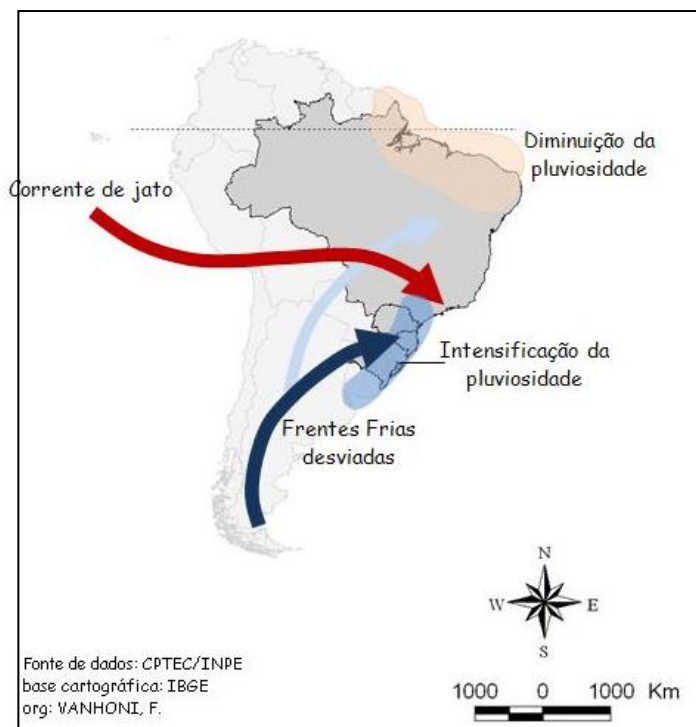
As primeiras investigações sobre o El Niño concluíram que o fenômeno ocorre, geralmente, em cada sete de um período de quatorze anos. Todavia, com o avançar do conhecimento sobre sua manifestação, observou-se que esta regularidade não era assim tão evidente. No século XX os eventos registrados foram em número de 12, tendo sido observados nas seguintes datas: 1941-1942, 1951, 1953, 1957-58, 1965, 1969, 1972-73, 1976, 1982-83, 1986, 1991, e 1997-98; e mais um no século XXI, em 2002-2003. Afetando a dinâmica climática em escala global, a ocorrência do fenômeno gera bruscas alterações climáticas no mundo como um todo, com impactos generalizados sobre as atividades humanas, gerados por inúmeras catástrofes ligadas a severas secas, inundações e ciclones (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007, p. 192).

A relação entre anomalias positivas de precipitação e a ocorrência do fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS) foi confirmada através de vários estudos observacionais. Ropelewski e Halpert (1987) e Kousky e Ropelewski (1989) afirmaram que esta relação se dá no período de novembro a fevereiro. Entretanto, durante o episódio ENOS 82/83, a Região Sul foi afetada com precipitação acima da normal durante o mês de julho. Rao e Hada (1994) encontraram significativas correlações entre as anomalias de precipitação e o Índice de Oscilação Sul (IOS) durante a primavera (SON). Grimm (1992), analisando esta relação a partir de indicações das funções de Green de um modelo barotrópico baseado na equação da vorticidade, sugeriu relações diferenciadas entre os eventos ENOS e a precipitação no sul do Brasil no inverno (anomalias positivas de precipitação) e verão (anomalias negativas de precipitação).

Em relação aos estudos realizados sobre o fenômeno no território nacional e em particular na área de estudo, nota-se que em anos de El Niño as chances dos totais pluviométricos serem maiores do que as médias são maiores, sendo que a intensidade do fenômeno é mais verificada nos meses de outubro, novembro e dezembro no ano de início do evento e abril, maio e junho do ano seguinte.



Analisando um dos anos de maior intensidade do fenômeno El Niño (1983), nota-se a forte influência na determinação dos totais pluviométricos na área de estudo. É no Paraná e em Santa Catarina que os efeitos são mais marcantes, sendo que nos anos de ocorrência a média do período ultrapassa significativamente a média histórica. Este fato pode ser explicado pela atuação da corrente de jato (Figura 30) bloqueando a passagem das frentes frias. Aumenta os totais pluviométricos em todas as estações com destaque para o verão e outono.



**Figura 30:** Atuação e efeitos El Niño

O fenômeno El Niño oscilação Sul (ENOS) representa um sistema de tempo que atinge a região subtropical do Brasil, sendo que os estudos científicos e a própria dinâmica atmosférica vêm demonstrando que o fenômeno exerce influência relevante nas anomalias climáticas, destacando-se as relacionadas com o regime pluviométrico.

Durante El Niño, com o aquecimento do oceano, observam-se mudanças na circulação da atmosfera nos níveis baixos e altos, causando mudanças nos padrões de transporte de umidade e também na distribuição da chuva.

Para a análise da influência do El Niño e La Niña na variabilidade pluviométrica na Região de Clima Subtropical do Brasil, foram selecionados os anos de 1983 e 1998 (El Niño) e 1988 e 2008 (La Niña). Estes anos foram escolhidos de acordo com a tabela do CPTEC (Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos), que demonstra que o anos de 1983 e 1998 sofreram uma “forte” ação do El Niño, assim como os anos de 1988 e 2008 no caso da La Niña.

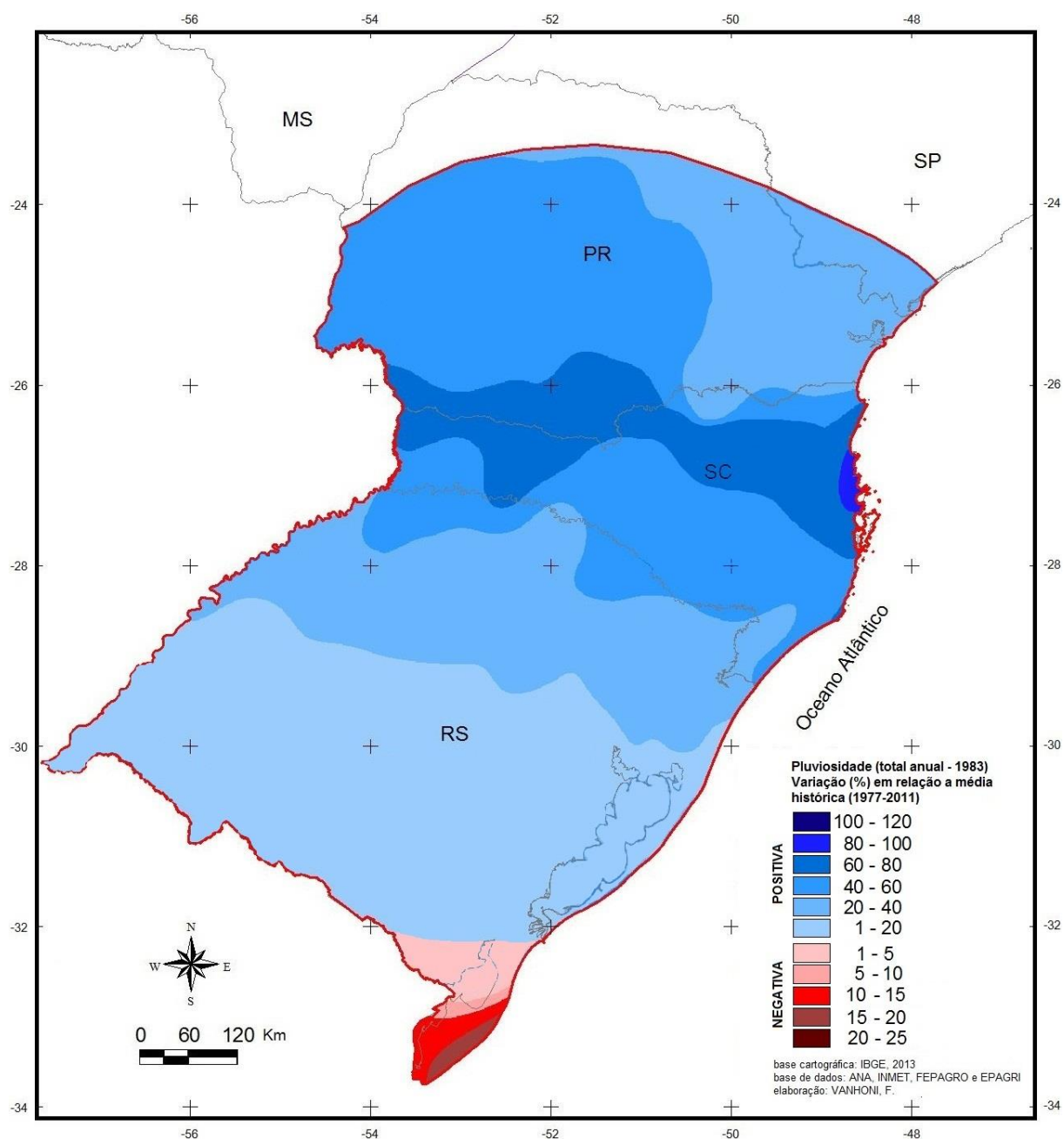
Os resultados até então apresentados servem como base para a interpretação da ação dos fenômenos dentro da área de estudo, principalmente a partir da visualização espacial. Além disso, é possível através dos resultados contrapor algumas interpretações genéricas sobre os efeitos do El Niño e La Niña na Região do Clima Subtropical. Segundo o CPTEC, em anos de El Niño temos um aumento do total pluviométrico para a Região Sul, e em anos de La Niña os totais diminuem.

Analisando as figuras 31 e 32, observa-se que em 1983 e 1998 a variação da pluviosidade em relação à média histórica (1977-2011) foi positiva em quase toda a área de estudo. Destaca-se a área de abrangência do estado de Santa Catarina, que apresentou a maior variação em 1983, sendo que os totais pluviométricos neste ano ultrapassaram a média em mais de 60%.

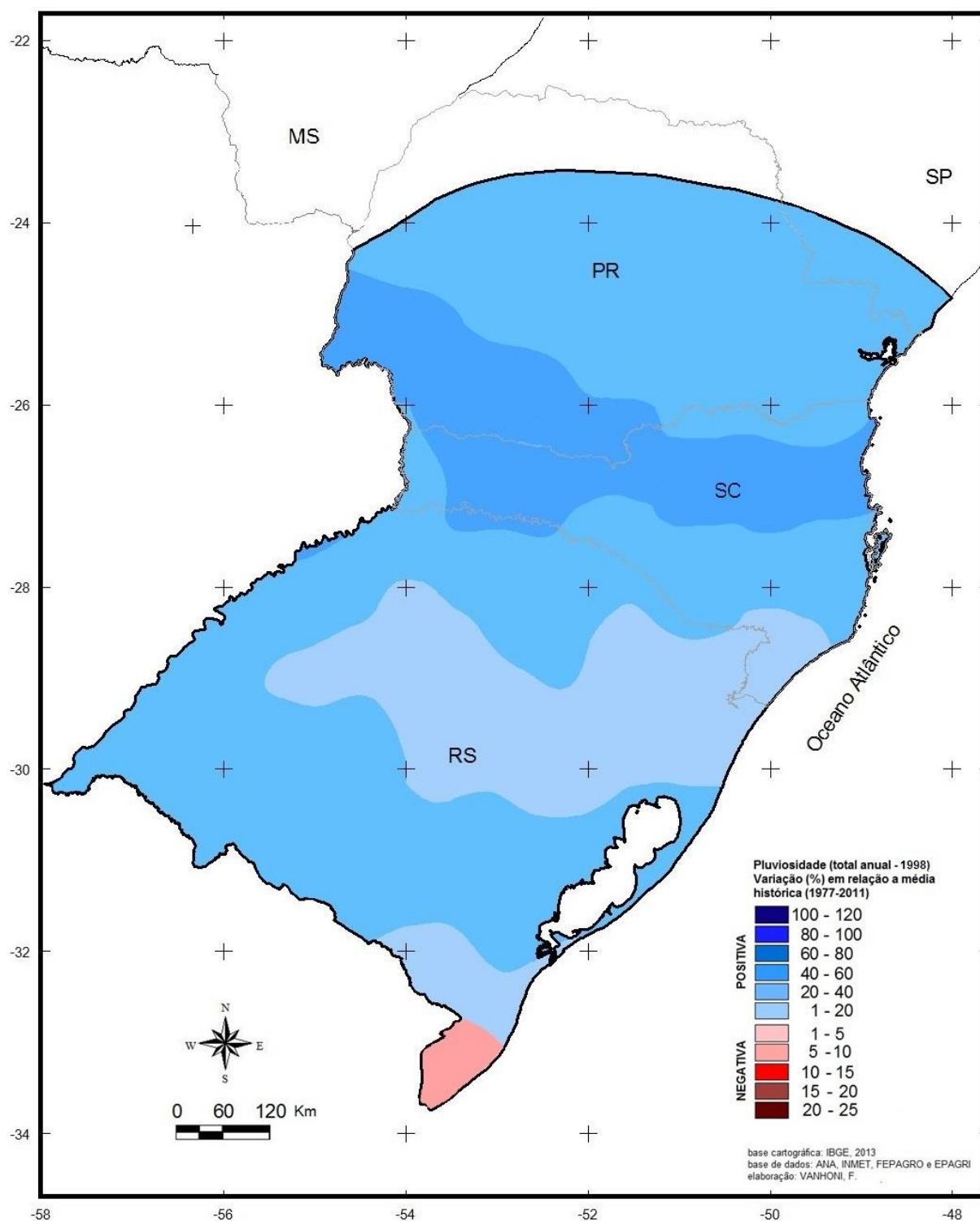
Outro aspecto interessante é que os efeitos do El Niño não foram homogêneos e também em algumas áreas o total pluviométrico do ano ficou abaixo da média histórica, por exemplo, no sul e sudoeste do Rio Grande do Sul.

Este resultado é importante pois demonstra que nem toda a área de estudo apresenta aumento do total pluviométrico em anos de El Niño, apesar de considerarmos apenas os anos de 1983 e 1998.

O resultado é preocupante pensando que no Rio Grande do Sul encontram-se as menores médias pluviométricas anuais, o que implica em dizer que em anos de El Niño estas ficam ainda mais baixas em algumas áreas do Estado.



**Figura 31:** El Niño – Pluviosidade total anual (1983) e variação (%) em relação a média histórica (1977-2011)



**Figura 32:** El Niño – Pluviosidade total anual (1998) e variação (%) em relação a média histórica (1977-2011)

O aumento pluviométrico, principalmente em Santa Catarina é causado pelo bloqueio atmosférico feito pela ação do fenômeno El Niño, que dificulta a passagem das Frentes Frias para latitudes mais baixas. Por outro lado, no extremo sul da área

de estudo, os valores positivos podem ser justificados pelo aumento da velocidade de deslocamento das Frentes, o que diminui o total pluviométrico da área. Ao analisar os boletins climatológicos do INPE/CPTEC, os indicadores mostram que as frentes passam mais rápido pelo extremo sul do Rio Grande do Sul em anos de El Niño, influenciadas pela mudança do gradiente de pressão, sendo que a diferença dos anos habituais pode ser de algumas horas ou até um dia. Além disso, o bloqueio exercido pelo fenômeno El Niño, intensifica o movimento dos sistemas frontais para o oceano.

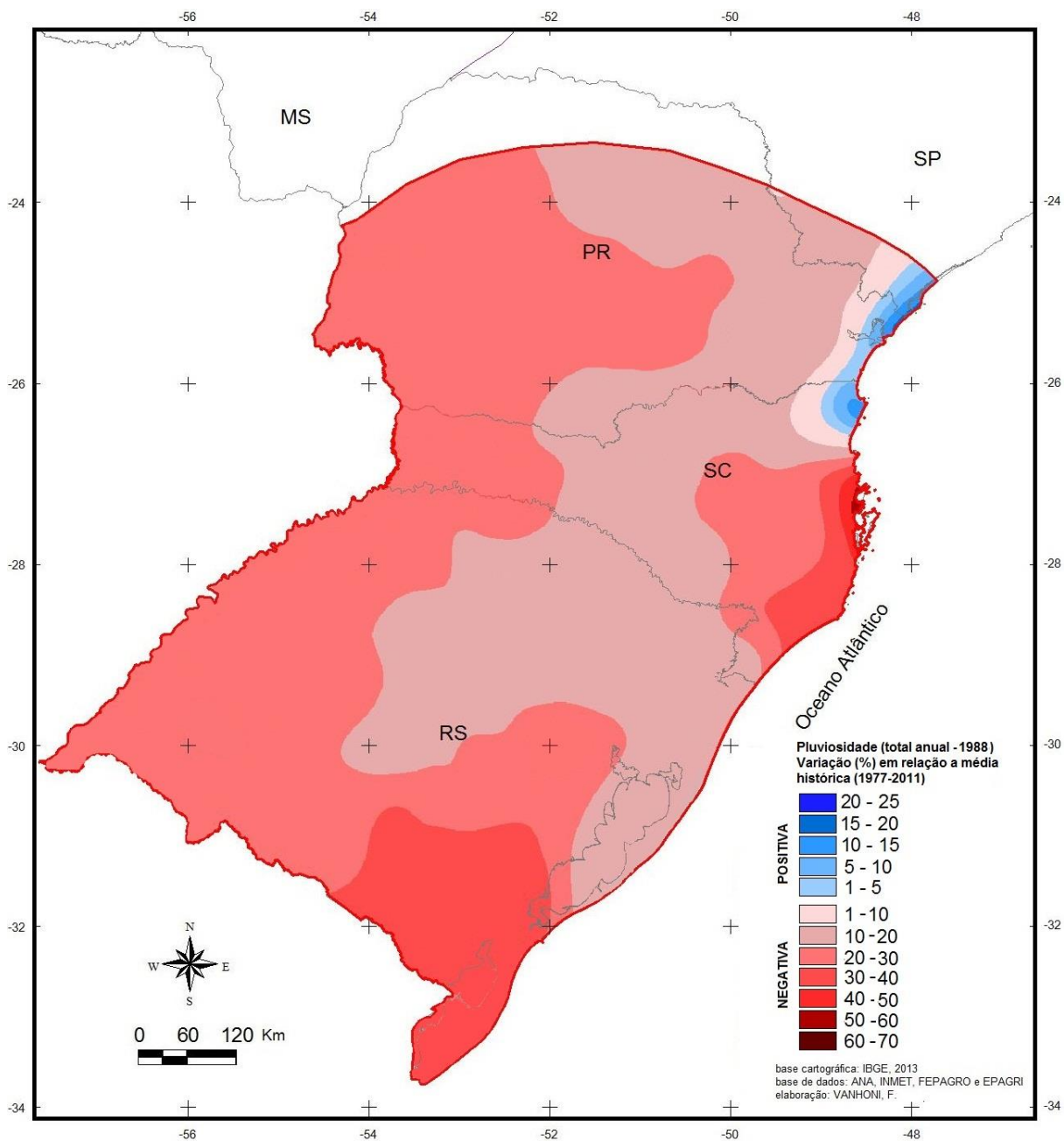
O ENOS (fase quente) faz com que ventos de altitude, chamados jato tropical, tornem-se mais intensos que o normal em decorrência do aumento do gradiente de temperatura entre o Equador e os Pólos. O fortalecimento destas correntes cria um bloqueio para os sistemas frontais que chegam à região de clima subtropical, permanecendo estacionados sobre esta área. Desta forma, ocorre intensificação em mesoescala de complexos convectivos (CCMs), gerando um aumento da precipitação (anomalia positiva) na região (GRIMM *et al.*, 2000).

VELASCO e FRITSCH (1978) observaram que o número de complexos convectivos em mesoescala (CCM) no norte da Argentina e no Paraguai em períodos quentes de ENOS dobra em relação ao número de um ano normal. Este fenômeno está conectado ao fortalecimento da Corrente de Jato Subtropical em períodos quentes de ENOS. O aumento das chuvas no sul do Brasil nesses períodos está também associado ao aumento da atividade dos CCMs.

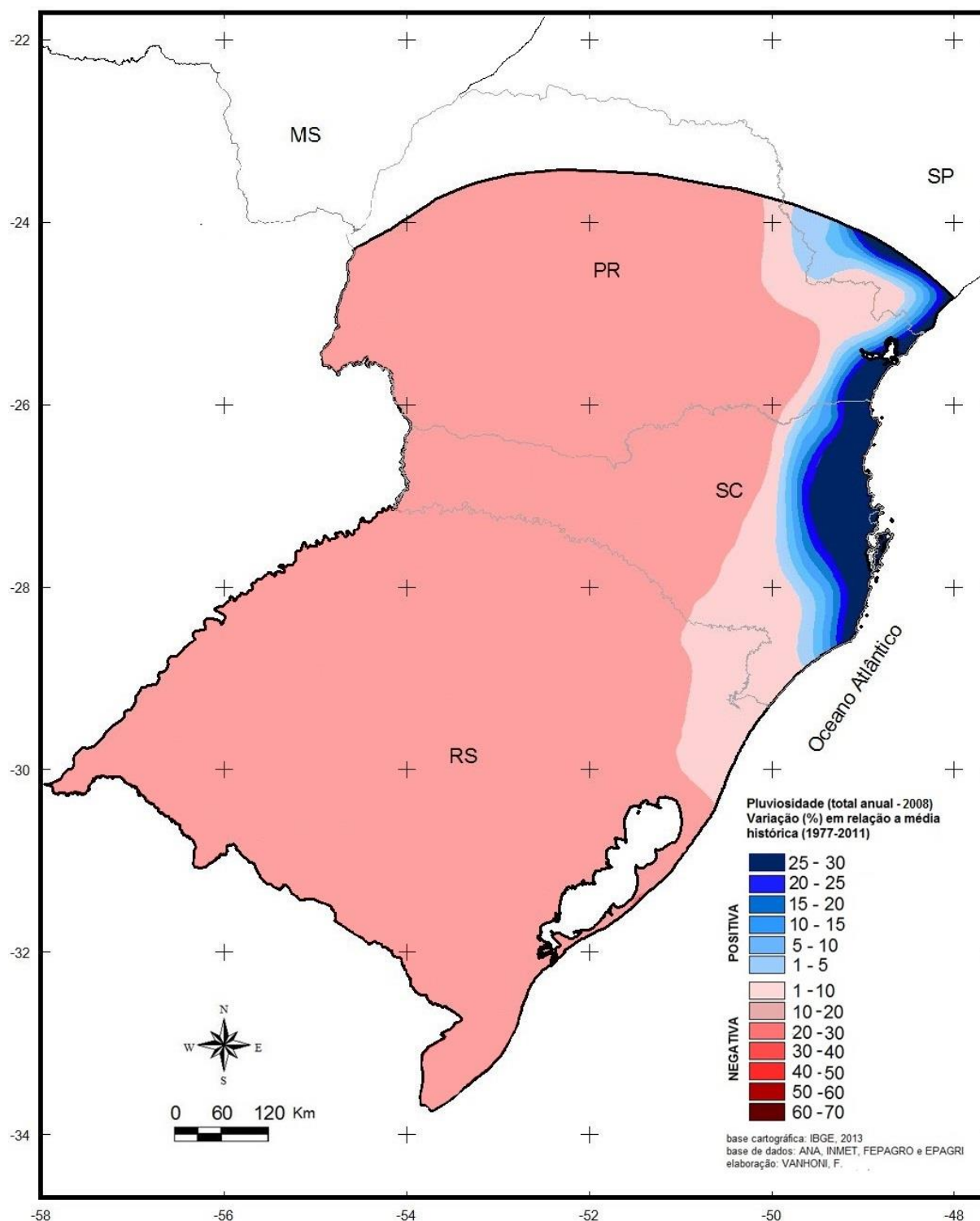
Também associado aos CCMs, o jato de superfície que sopra na direção sul na vertente leste dos Andes sofre influência do aumento da TSM, uma vez que é fortalecido, ao mesmo tempo que a ZCAS sofre um enfraquecimento (ROBERTSON e MECHOSO apud PEAGLE e BERBERY, 2000). Esse fortalecimento proporciona um acréscimo no aporte de umidade para o sul e, conseqüentemente, um incremento dos CCMs e dos episódios chuvosos.

Analisando os resultados da espacialização da variação do total anual (1988 e 2008 – La Niña – figuras 33 e 34) em relação com a média histórica, observa-se que o total pluviométrico da maioria das estações analisadas apresentaram uma diminuição em relação à média histórica, chegando até a 70%. Este resultado corrobora com as análises do CPTEC que evidenciam um menor índice pluviométrico em anos de La Niña. Porém, é possível verificar que na área de estudo, mesmo em anos de La Niña, no litoral de São Paulo, Paraná e Santa

Catarina os totais pluviométricos ficam acima da média chegando a registrar um incremento de até 15% em 1988 e mais de 25% nos resultados do ano de 2008.



**Figura 33:** La Niña – Pluviosidade total anual (1988) e variação (%) em relação à média histórica (1977-2011)



**Figura 34:** La Niña – Pluviosidade total anual (2008) e variação (%) em relação à média histórica (1977-2011)

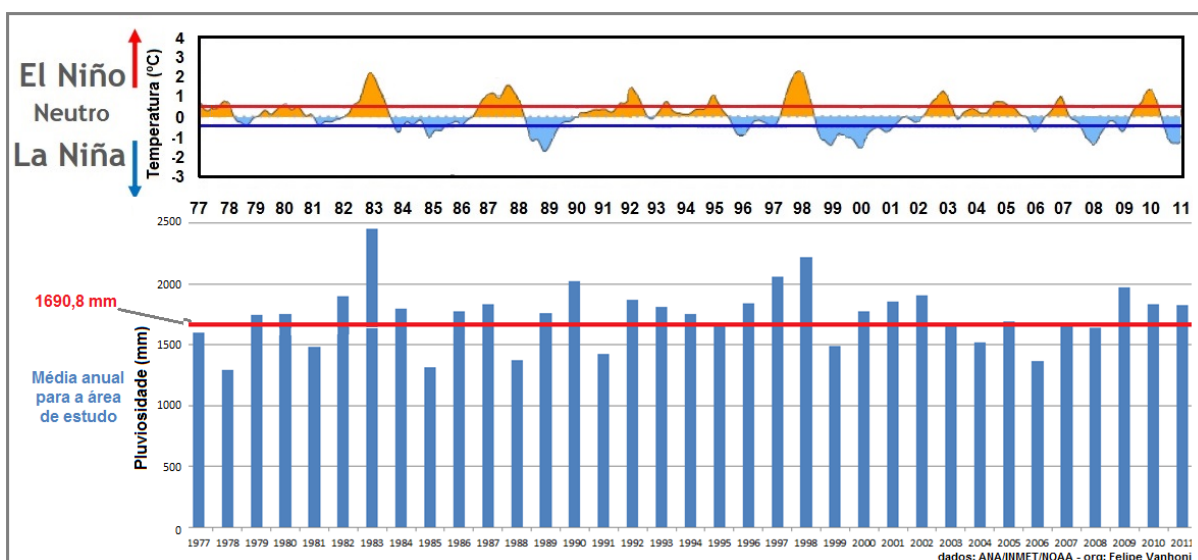
Em sua fase fria, o ENOS promove o enfraquecimento da Corrente de Jato Subtropical na primavera, propiciando a formação de uma circulação anticiclônica sobre o sul do Brasil que, associada ao enfraquecimento da Baixa da Bolívia (que



ocasiona diminuição no aporte setentrional de umidade), causa períodos de secas nesta região (GRIMM *et al.*, 2000).

A mudança no oceano e na atmosfera no pacífico (formação El Niño) através de teleconexões deixa a atmosfera no Sul do Brasil com uma configuração muito favorável a formação de áreas de alta e baixa pressão atmosférica que por sua vez é também favorável a formação de nuvens carregadas por um período maior de atuação, principalmente na região sul.

Em anos de La Niña, casos de secas são frequentes causando perdas econômicas, principalmente na agricultura, além de problemas relacionados com secas de reservatórios e questões de saúde. Isso quer dizer que estes fenômenos influenciam muito na sociedade, principalmente quando estabelecem um ciclo de registros.



**Figura 35:** relação entre a pluviosidade média anual e oscilação ENOS (oceano Pacífico)

Na figura 35, nota-se que a relação entre a pluviosidade média anual e a oscilação positiva e negativa do ENOS é direta. As flutuações de temperatura que caracterizam os fenômenos El Niño e La Niña também condicionam as médias anuais da pluviosidade na região de clima subtropical. Dos 35 (trinta e cinco) anos analisados, 21 (vinte e um) ficaram acima da média com destaque para os anos de 1983 e 1998. Dos anos, 09 (nove) ficaram abaixo da média histórica com destaque para os anos de 1985 e 1988. Verifica-se a influência dos fenômenos El Niño e La Niña nesta dinâmica, mas não são os únicos fatores que implicam nas médias



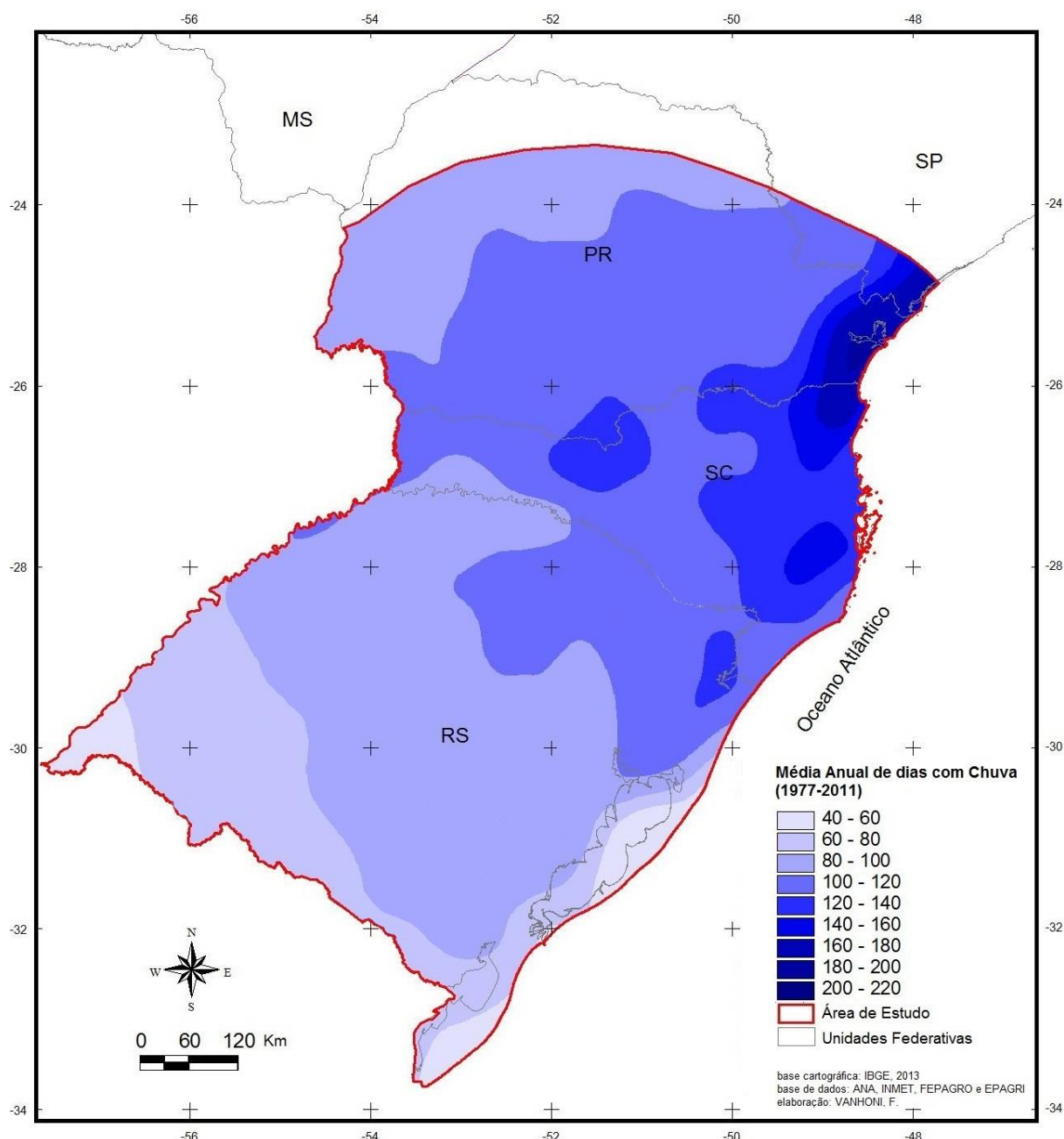
anuais da região – considerando todas as características atmosféricas atuantes. Pode-se considerar estes fenômenos como sendo um dos principais dinamizadores de eventos extremos da área de estudo.

#### **II.4 – Intensidade pluviométrica diária**

Para a discussão da intensidade pluviométrica diária, os dados foram analisados estatisticamente e plotados considerando a média anual e sazonal de dias com chuva para a área de estudo. Estes resultados são importantes para relacionar com os eventos extremos e servem como parâmetro nas discussões dos desastres ambientais recorrentes.

Em relação à média anual (figura 36), na região do clima Subtropical do Brasil verificam-se significativas diferenças, sendo que a menor média de dias com chuva é registrada na estação de Uruguaiana/RS com 47 dias, e a maior média é registrada na estação passo do Vau em Morretes/PR com 220 dias.

Além de apresentar a menos média do total pluviométrico anual, o Rio Grande do Sul também apresenta a menos média de dias com chuva. É no Litoral dos Estados de São Paulo, Paraná e Santa Catarina onde a média de dias com chuva é maior, principalmente devido a atuação das Massas Tropical Atlântica.



**Figura 36:** Média Anual de dias com Chuva (1977-2011)

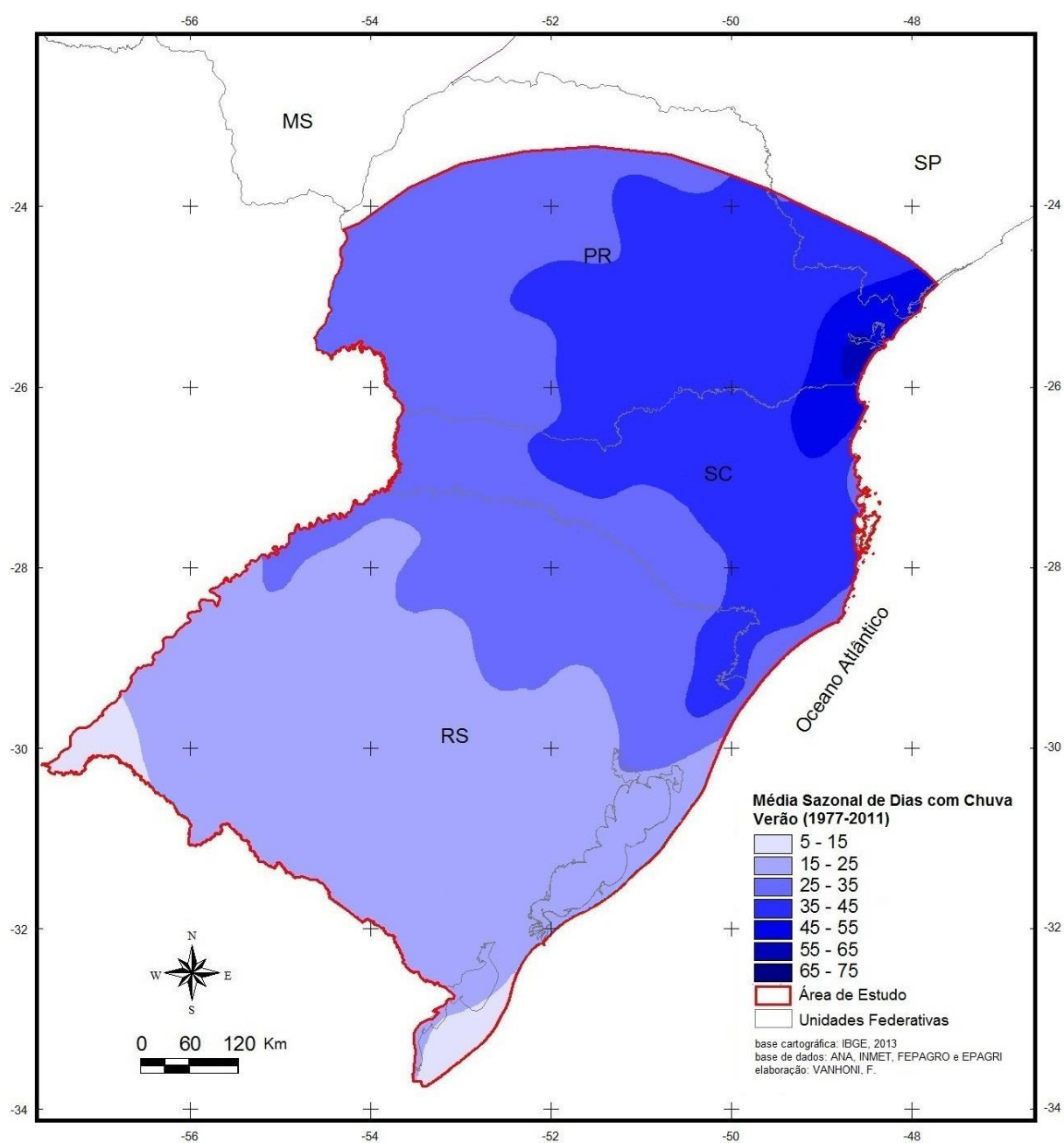
O relevo de planície do litoral gaúcho favorece um rápido deslocamento dos sistemas frontais o que corrobora para uma diminuição dos dias de chuva nesta região.

Quando há a entrada da FPA pelo oeste do estado do Rio Grande do Sul, na região de Uruguiana, o contraste térmico entre o ar quente que situa-se sobre esta região e o ar polar que chega é significativo, favorecendo grandes formações de nuvens que geram precipitações intensas de curta duração. Essa diferença de

temperatura entre as massas de ar, faz com que o deslocamento da frente seja mais rápido, o que implica, também, em menos dias de chuva (R'OSSATO, 2011, p. 109).

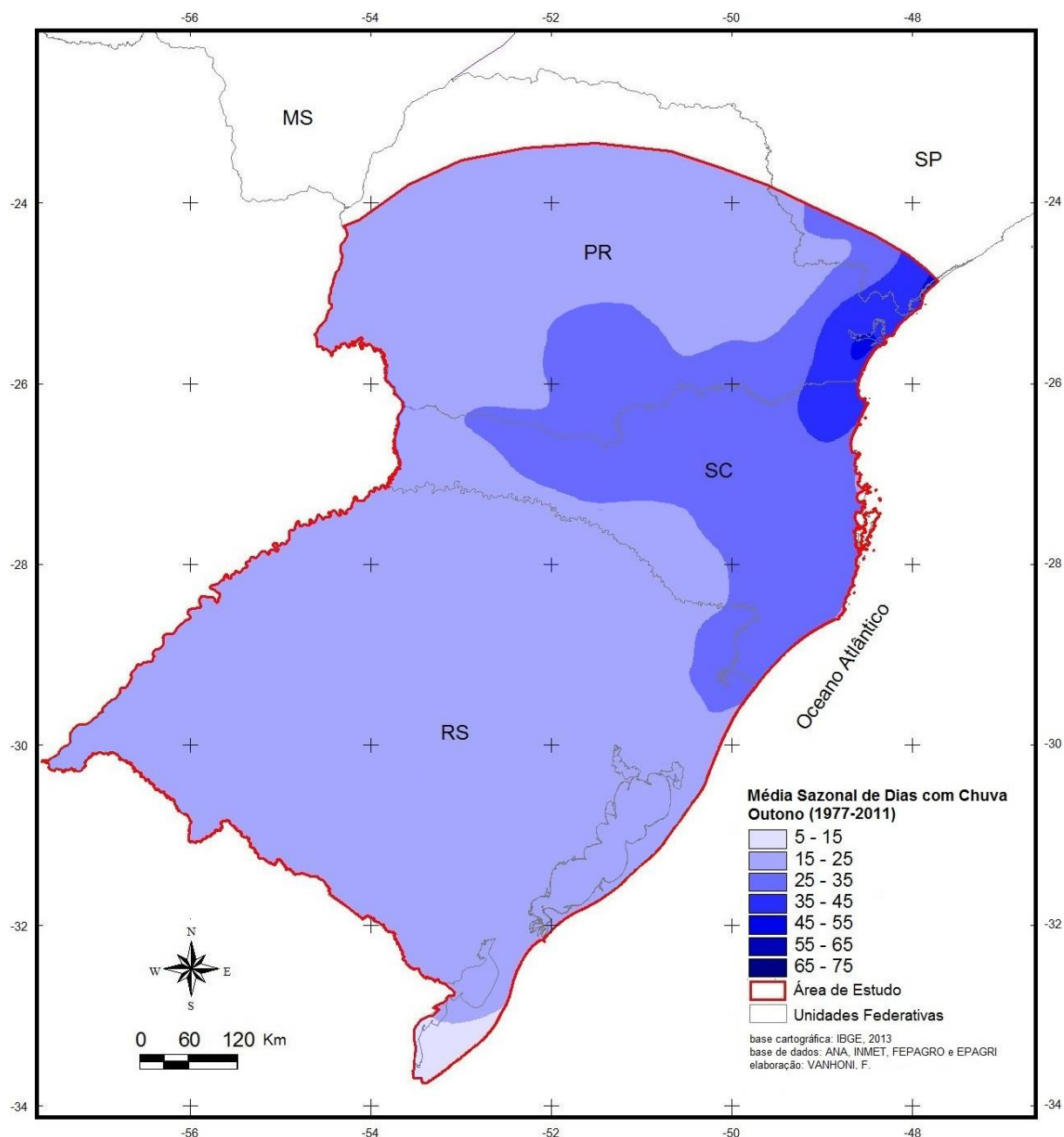
Em relação à variação sazonal, no verão (figura 37) as maiores médias são registradas em São Paulo, Paraná e Santa Catarina, principalmente no litoral sendo que os resultados são influenciados pela dinâmica atmosférica atuante neste período que intensifica, por exemplo, as chuvas de verão.

Para a área de estudo a menor média é registrada na estação de Uruguaiana/RS com 11 dias, e a maior média é registrada na estação Passo do Vau em Morretes/PR com 66 dias. O relevo é um fator determinante no resultado da média de dias com chuva na estação Passo do Vau em Morretes, devido à sua localização num vale atingido com frequência por chuvas orográficas.



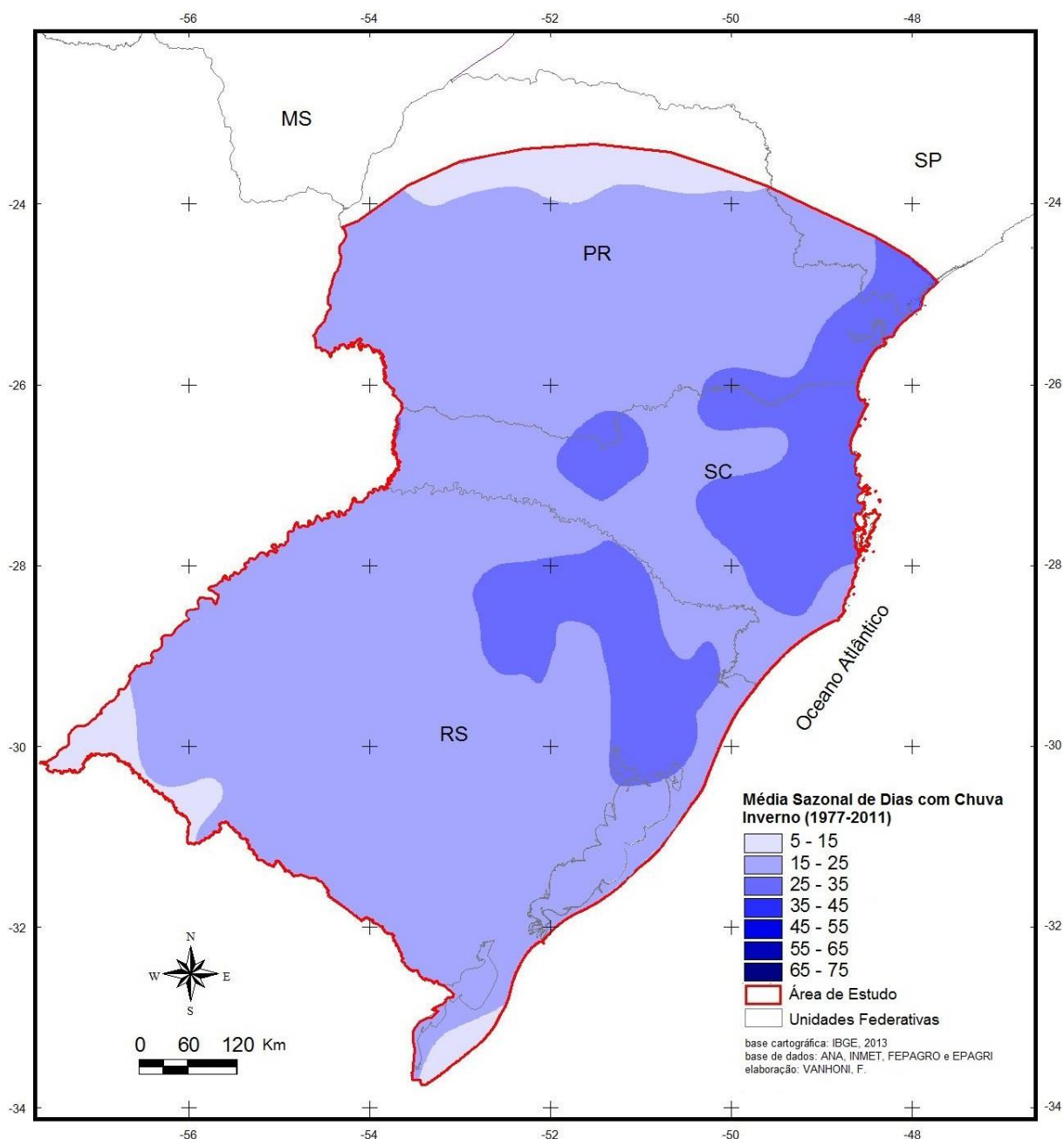
**Figura 37:** Média Sazonal de Dias com Chuva – Verão (1977-2011)

No outono (figura 38) a média varia de 11 dias em Barra do Quaraí/RS até 54 dias na estação Passo do Vau em Morretes/PR. Mesmo com destaque para o Litoral de São Paulo, Paraná e litoral norte de Santa Catarina, a distribuição de dias com chuva é mais homogênea no Outono.



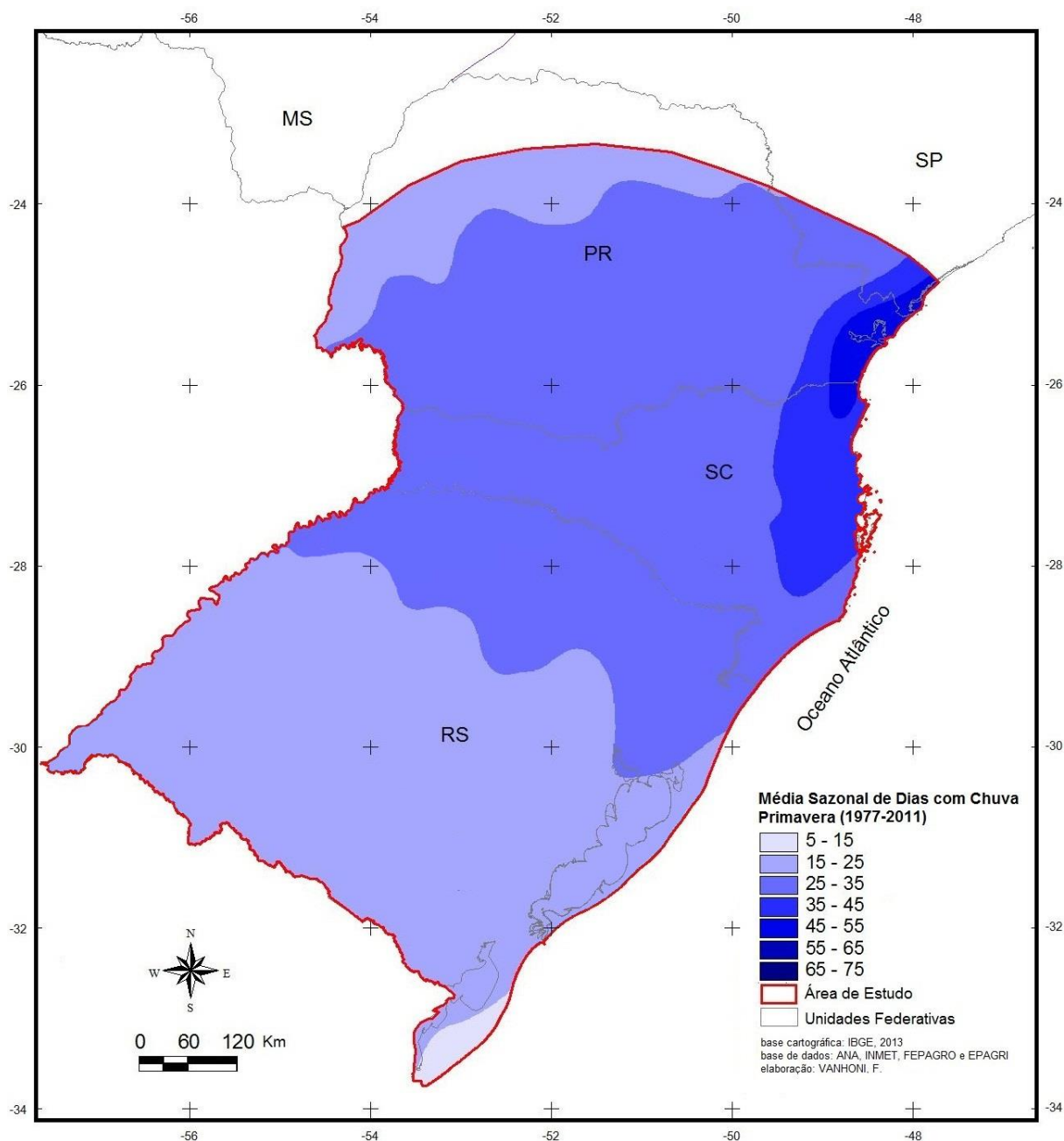
**Figura 38:** Média Sazonal de Dias com Chuva – Outono (1977-2011)

No inverno (figura 39) a média varia de 8 dias em Iguaçu/PR até 40 dias na estação Passo do Vau em Morretes/PR. Mesmo com o maior índice registrado no litoral do Paraná, destaca-se no inverno o aumento da média no Rio Grande do Sul, devido principalmente à atuação das Massas Polares.



**Figura 39:** Média Sazonal de Dias com Chuva – Inverno (1977-2011)

Na primavera (figura 40) as médias de dias com chuva voltam a subir devido à atuação das massas tropicais, principalmente em São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Destacam-se as estações de Uruguiana com 14 dias de média e a estação Passo do Vau em Morretes/PR com 58 dias.



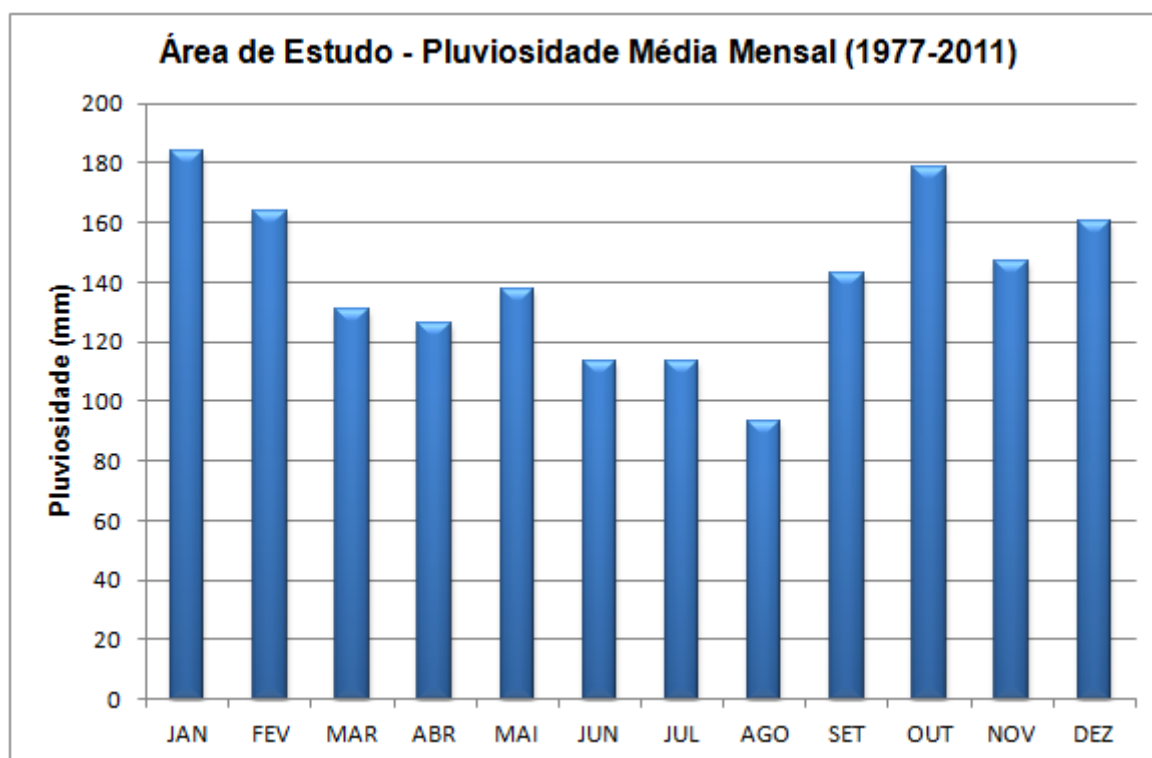
**Figura 40:** Média Sazonal de Dias com Chuva – Primavera (1977-2011)

### III. VARIABILIDADE E TENDÊNCIA DA PLUVIOSIDADE NO CLIMA SUBTROPICAL DO BRASIL

#### III.1 – As condições normais

Para analisar a dinâmica pluviométrica na Região do Clima Subtropical do Brasil foram elaborados mapas para facilitar a leitura espacial e também gráficos, considerando a pluviosidade média mensal e sazonal para a área de estudo e, também considerando separadamente as quatro unidades federativas inseridas dentro do clima Subtropical. A abordagem a partir das Unidades Federativas possibilita comparar e compreender melhor a dinâmica das chuvas, mas ressalta-se que a dinâmica meteorológica não se delimita a partir dos limites territoriais estabelecidos entre os Estados.

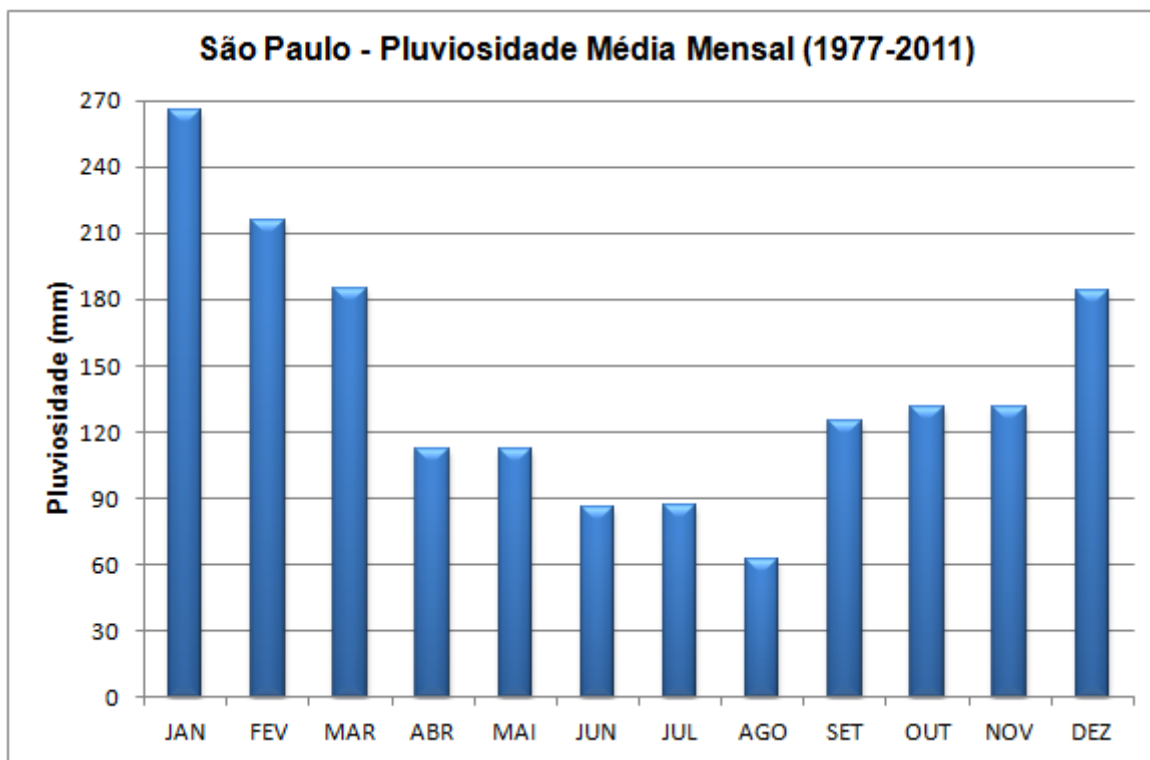
Em relação à área de estudo (gráfico 7), não se verificam meses secos, sendo que a maior média pluviométrica mensal é janeiro com 183,8 mm e a menor é registrada no mês de agosto com 93,1 mm. Este resultado é influenciado pela dinâmica das massas de ar atuantes na região sendo que nos meses de verão destacam-se as massas atlânticas e no inverno as polares.



**Gráfico 7:** área de estudo – pluviosidade Média Mensal (1977-2011)

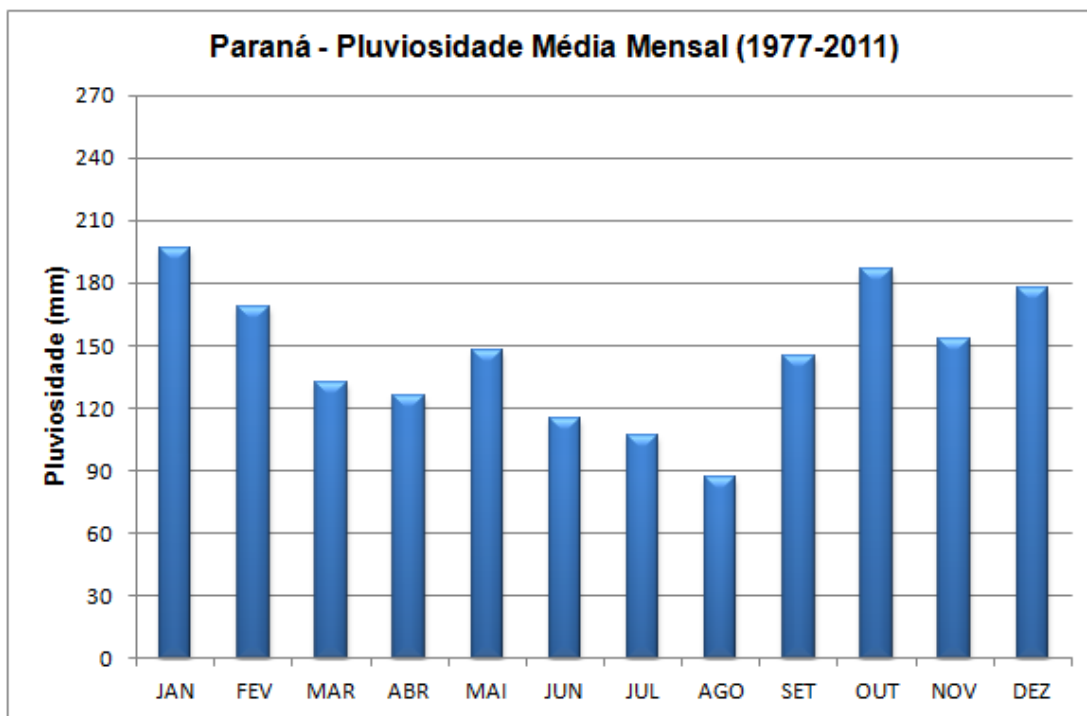


Na área de estudo compreendida pelo Estado de São Paulo (gráfico 8), as maiores médias pluviométricas mensais são registradas nos meses de janeiro (265,4 mm), fevereiro (215,8 mm), março (185,2 mm) e dezembro (183,7) e as menores médias são registradas nos meses de junho (86,2 mm) e agosto (61,9 mm).



**Gráfico 8:** São Paulo – pluviosidade Média Mensal (1977-2011)

No Paraná (gráfico 9), as maiores médias são registradas nos meses de janeiro (196,4 mm), outubro (187,1 mm) e fevereiro (168,5 mm), sendo que as menores médias são registradas nos meses de agosto (86,5 mm) e julho (106,7 mm).



**Gráfico 9:** Paraná – pluviosidade Média Mensal (1977-2011)

Em Santa Catarina (gráfico 10) destacam-se os meses de janeiro (192,1 mm) e fevereiro (180,8) como sendo os mais chuvosos e junho (106 mm) e agosto (112,5 mm) com as menores médias. Analisando o gráfico de Santa Catarina, observa-se que no mês de Julho a pluviosidade média é maior em relação aos meses de junho e agosto, sendo uma característica do litoral, e estão relacionados à passagem de frentes frias e formação de ciclones extratropicais próximos (totalmente sobre o mar). Estas características de inverno chuvoso atingem algumas localidades apenas no mês de julho, por esta razão, em alguns gráficos de média mensal observa-se um aumento neste mês.

A alternância entre as massas polar e tropical garante a regular distribuição anual de chuvas, porém sua trajetória, mais continental, de meados do outono ao início da primavera, garante totais mais significativos para a região do planalto. Já na região costeira os maiores totais são registrados no verão, de janeiro a março.

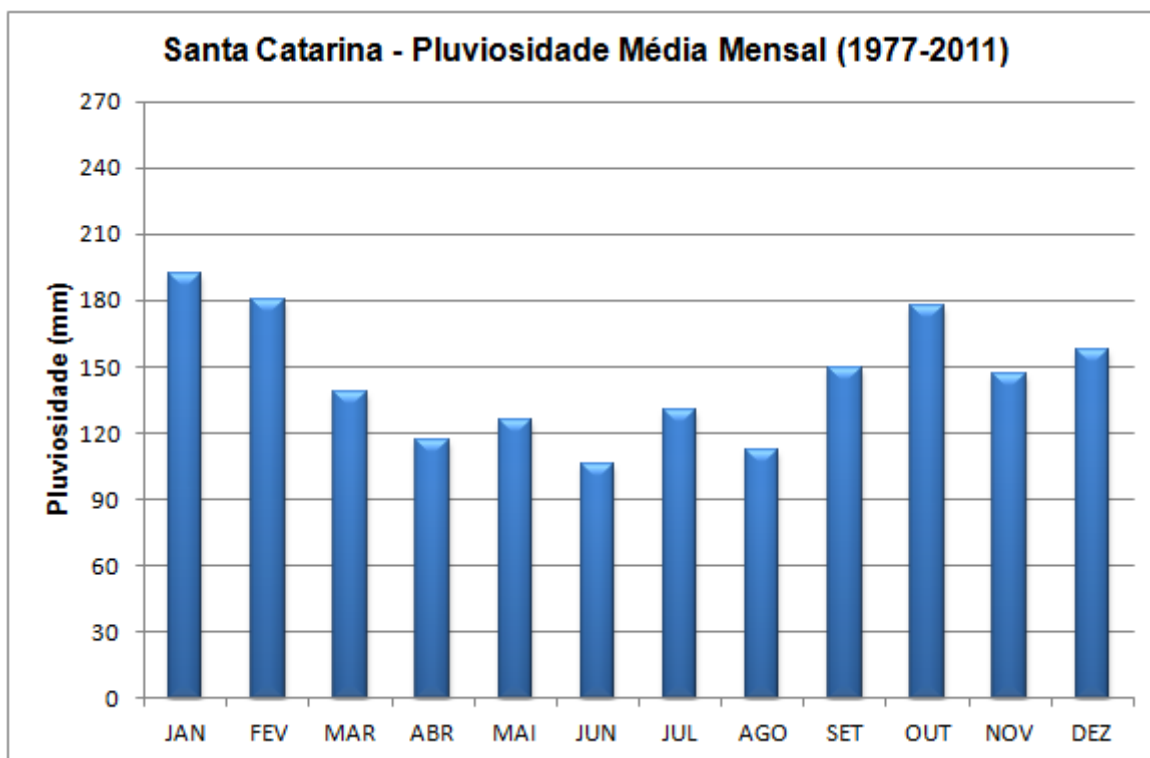
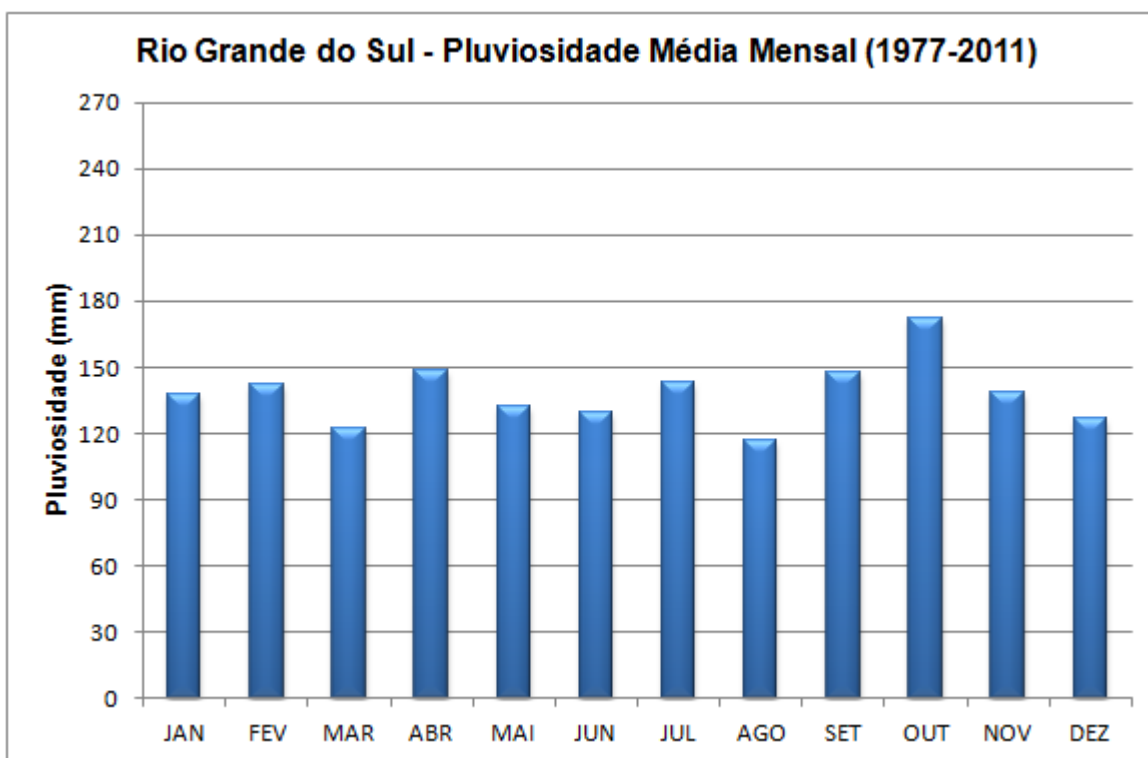


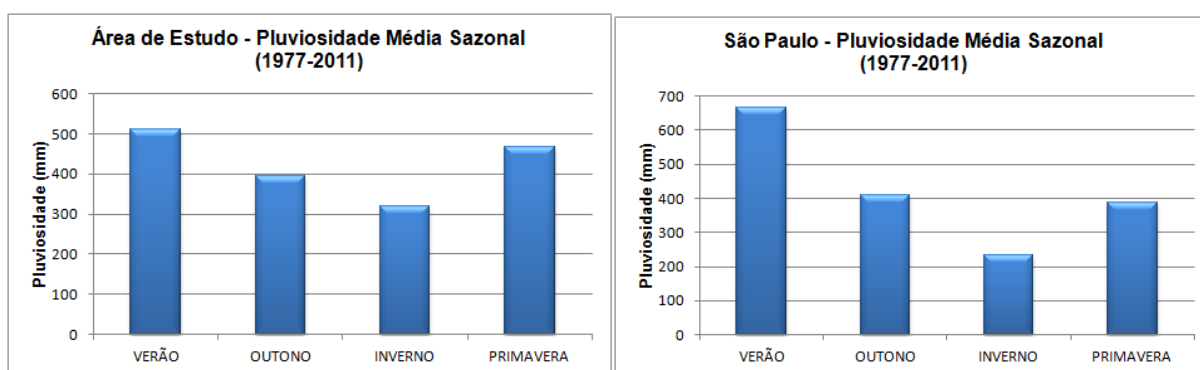
Gráfico 10: Santa Catarina – pluviosidade Média Mensal (1977-2011)

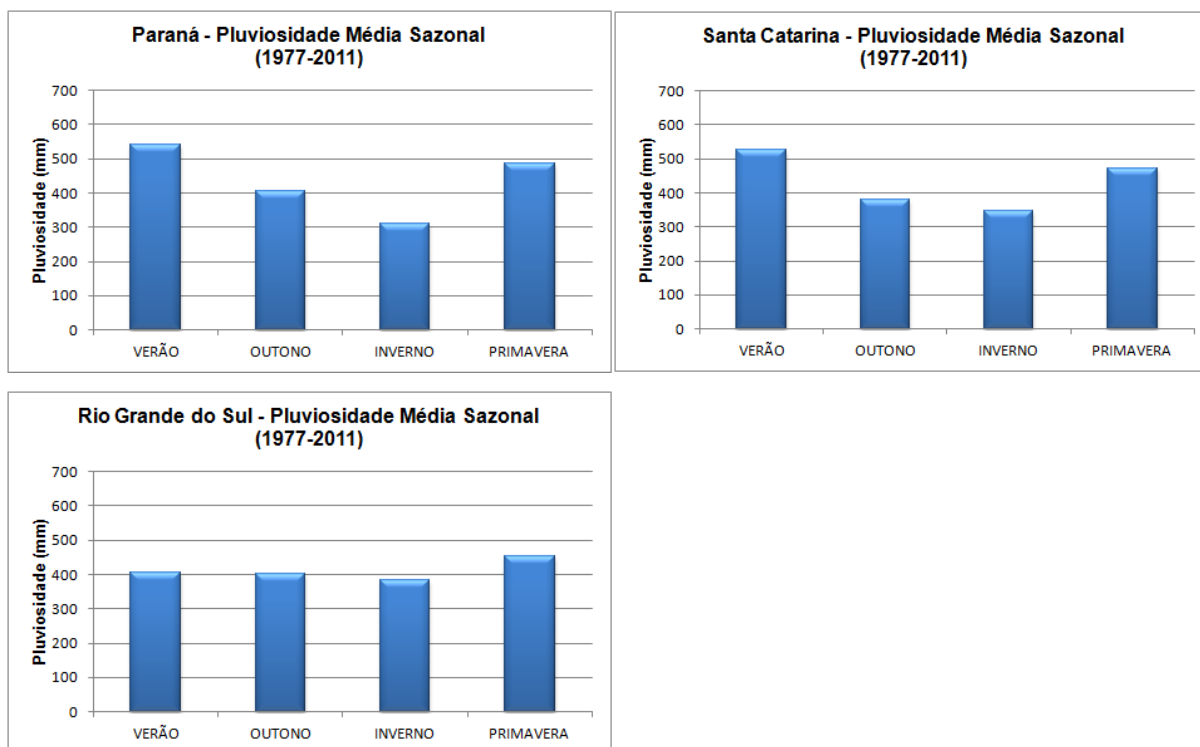
O Rio Grande do Sul (gráfico 11) apresenta as menores médias considerando as quatro unidades federativas inseridas dentro da área de estudo. Além disso, apresenta uma variabilidade pluviométrica mais homogênea ao longo do ano sendo que as menores médias são registradas nos meses de agosto (116,5 mm) e março (122,3 mm) e as maiores médias em outubro (172,6 mm) e abril (148,3 mm).



**Gráfico 11:** Rio Grande do Sul – pluviosidade Média Mensal (1977-2011)

Em relação à pluviosidade média sazonal (gráficos 12), na área de estudo a maior média é registrada no verão (509,5 mm) e a menor no inverno (318,8 mm). Considerando a divisão territorial das unidades federativas e comparando os Estados, São Paulo registra a maior média no verão (665,2 mm) e outono (409,4 mm), no inverno destaca-se o Rio Grande do Sul (385,1 mm) e na primavera o Paraná (485 mm).





**Gráficos 12:** Pluviosidade Média Sazonal (1977-2011)

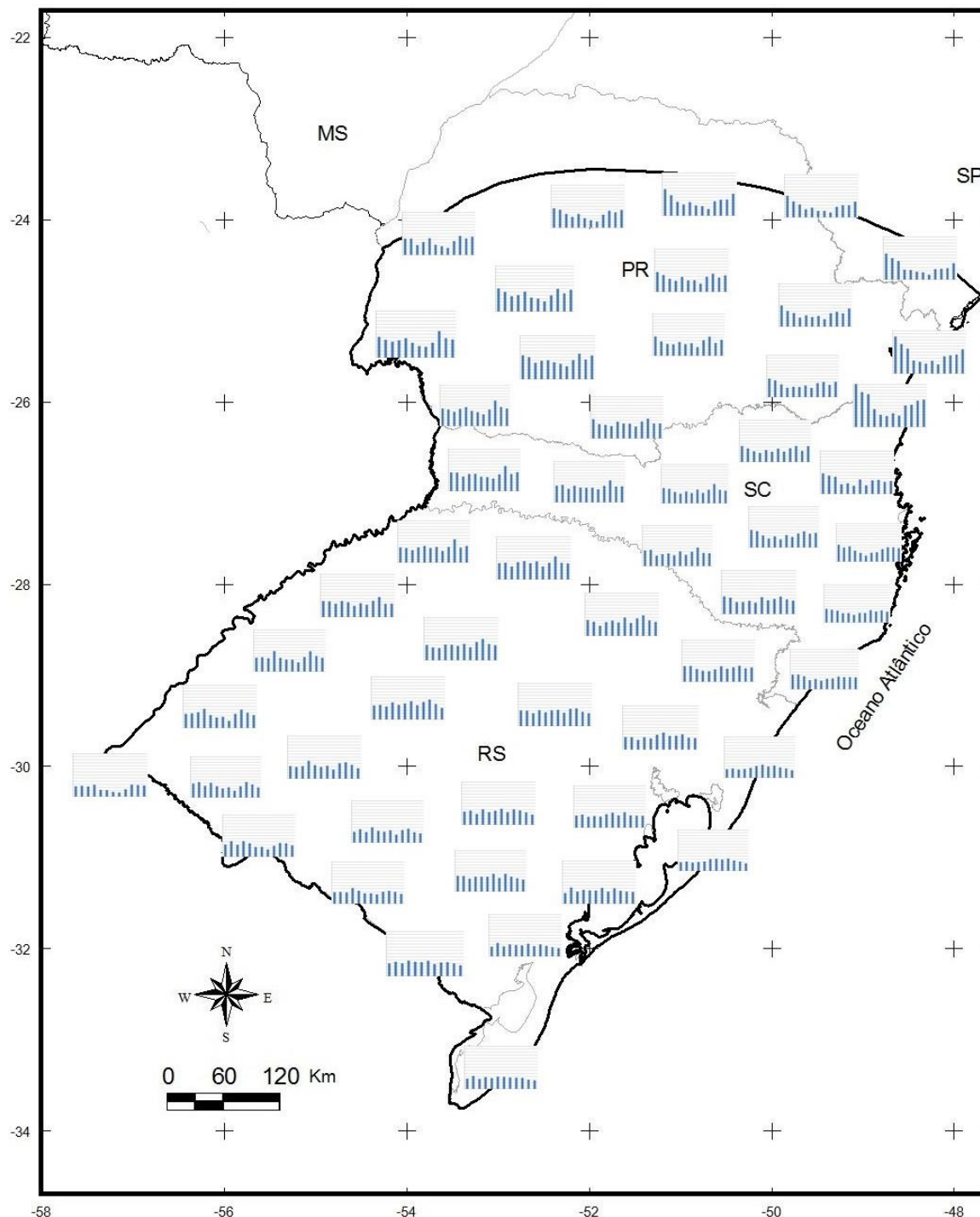
A redução da pluviosidade no inverno também está relacionada à orientação da entrada dos sistemas frontais nesta época, que se dá pelo ramo continental da FPA, quando esta consegue cruzar a cordilheira andina em médias latitudes.

Monteiro (1968, p. 48) ressalta que

Nessas circunstâncias a precipitação pluviométrica é pouco expressiva por vários motivos: a) o ar quente da massa tropical marítima, em ascensão dinâmica sobre a rampa frontal da FP, possui pouca umidade específica por se tratar do inverno; b) o anticiclone polar, por seu trajeto continental, após transpor os Andes, possui também pouca umidade, e tende a se estabilizar pela base em virtude do contato com a superfície continental intensamente resfriada pela radiação noturna, muito ativa nesta estação do ano.

Analisando a (figura 41) com a representação das médias anuais de algumas estações distribuídas dentro da área de estudo, verifica-se que existe uma diferença na dinâmica pluviométrica principalmente quando se considera o posicionamento latitudinal das estações. As estações mais ao norte apresentam características próximas ao domínio climático tropical, com extremos nos meses de verão. No sul

do Paraná, em Santa Catarina e no Rio Grande do Sul as dinâmicas mensais ficam mais próximas o que possibilita delimitar, a partir deste contexto, mais de uma característica pluviométrica no domínio subtropical.



**Figura 41:** variação mensal – pluviosidade média mensal (1977-2011)

### III.2 – Tendência e variabilidade

Neste capítulo é apresentado um estudo de séries temporais de precipitação, com o objetivo de analisar a existência de variações nesses parâmetros.

Serão evidenciadas a partir de uma abordagem gráfica, as variações temporais da precipitação pluviométrica do clima subtropical (área de estudo) através da análise de tendência linear.

É importante ressaltar que a abordagem desenvolvida no presente trabalho, não tem como base os relatórios de mudanças climáticas do IPCC, mas sim uma abordagem das discussões climáticas no âmbito regional com o objetivo de se identificar ou não tendências climáticas de forma comparativa.

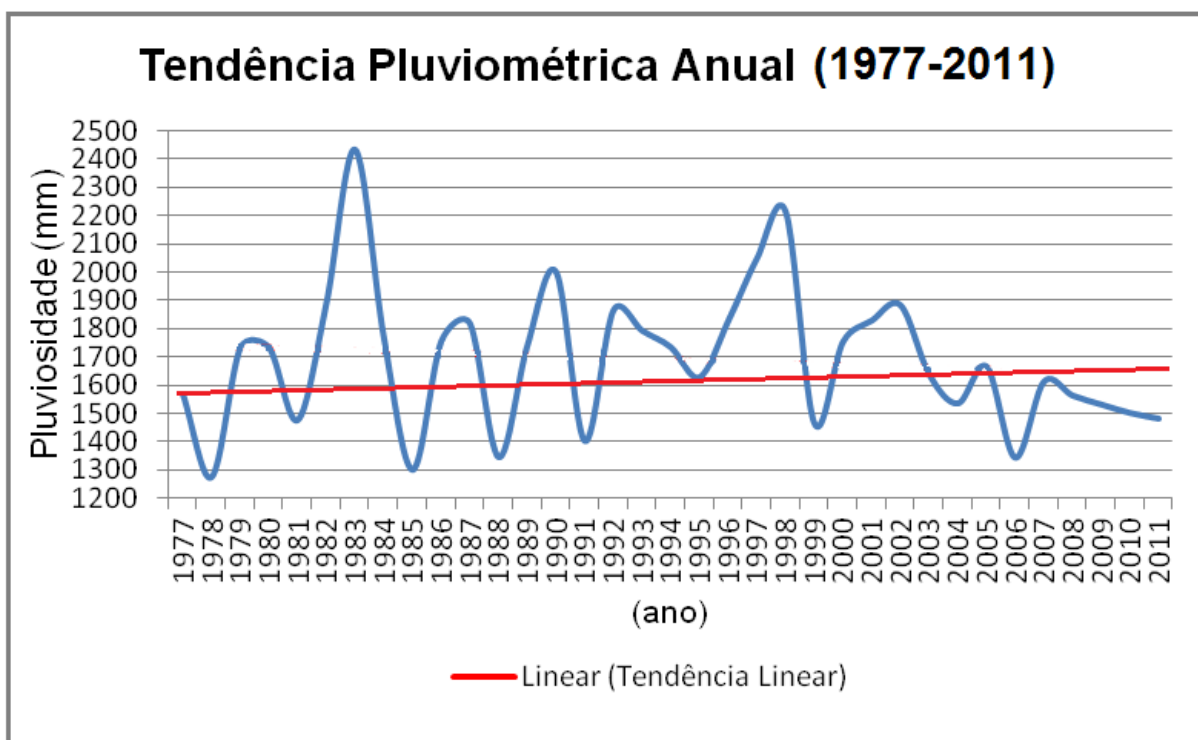
Possíveis mudanças na dinâmica pluviométrica, por exemplo, podem resultar em efeitos de diferentes dimensões no balanço hídrico, comportamento hidrológico dos cursos d'água, etc.

A análise dos efeitos regionais nos cenários futuros, especificamente no caso dos padrões de chuva, tem uma incerteza básica que é a própria representação da chuva: os modelos atuais de previsão de tempo e de previsão climática sazonal ainda têm problemas nesse sentido, o que aumenta sensivelmente a incerteza dos cenários futuros nas escalas de décadas e centenas de anos. Os principais problemas na simulação de chuva ainda são: resolução espacial das simulações numéricas; interação aerossóis – radiação – microfísica de nuvens (DIAS, 2007, p.12).

Com respeito aos valores sazonais de precipitação, a tendência de aumento de chuva no sul do Brasil é consistente durante todo o ano, ainda que esta tendência seja mais acentuada nos meses de inverno, chegando até + 40 mm/década e, em segundo lugar, durante o verão (MARENGO, 2007.)

Considerando a análise de tendência linear (gráfico 13), observa-se que existe, dentro do período analisado, uma tendência ao aumento do total pluviométrico tendo como resultado mais de 95% de confiabilidade estatística, sendo que o aumento ao longo dos trinta e cinco anos é de aproximadamente 100 mm.

Além da variabilidade interanual, o clima na América do Sul é modificado por flutuações de prazos mais longos, tal como a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) que apresenta uma periodicidade característica de 20 a 30 anos. A ODP possui duas fases distintas de aquecimento e resfriamento no Pacífico e estão intimamente ligadas à instabilidade termodinâmica da atmosfera.



**Gráfico 13:** Clima Subtropical do Brasil: tendência pluviométrica anual (1977-2011)

Numa análise preliminar, os gráficos também foram organizados levando em consideração a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

A Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) é um fenômeno associado à variabilidade climática do Oceano Pacífico, podendo também ser definida, como o fenômeno que descreve o comportamento térmico médio das águas do Pacífico, para períodos que vão de 20 a 30 anos. A ODP pode ser considerada positiva ou negativa.

**Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) (Positiva) =>** tendência de maior número de episódios de El Niño intensos. Menor número de La Niña e que são menos intensas.

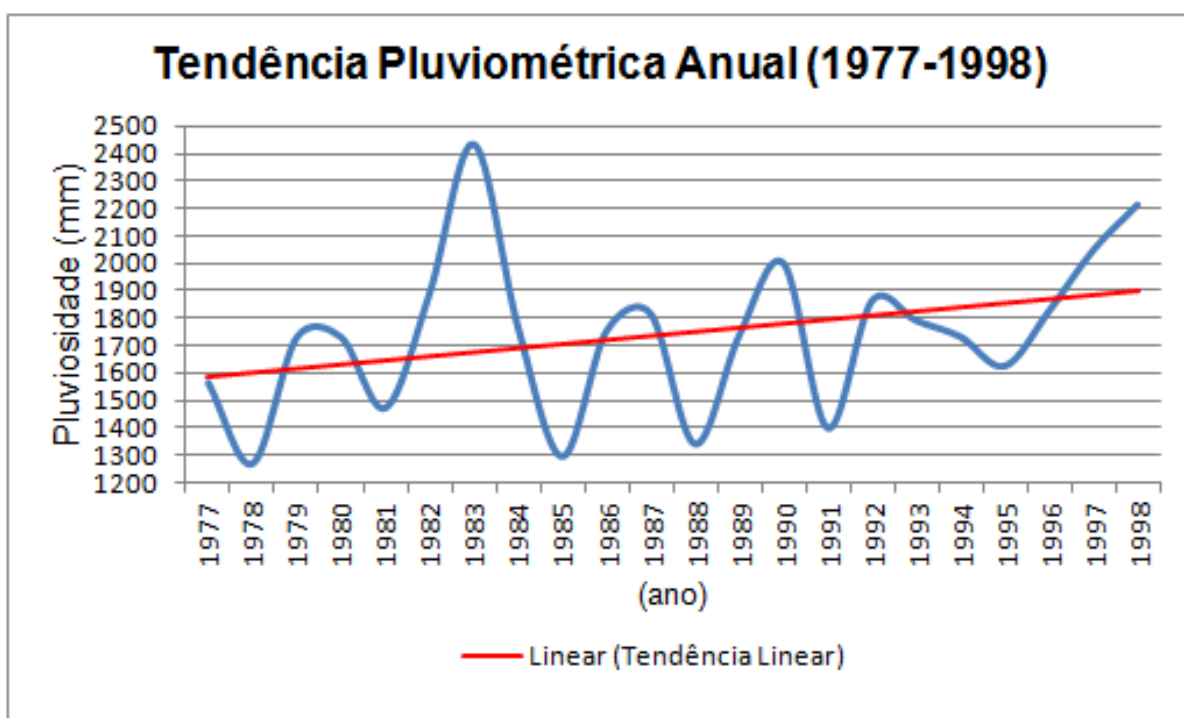


**Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) (Negativa)** => maior número de episódios de La Niña que tendem a ser mais intensas. Menor frequência de El Niño que tendem a ser curtos e rápidos.

Na Região Sul do Brasil, os estudos com os padrões ODP têm mostrado como algumas décadas podem ser mais ou menos chuvosas do que outras. Quando sobreposto aos padrões ENOS, esses fenômenos explicam a ocorrência de alguns dos extremos climáticos (NASCIMENTO JÚNIOR, 2011, p.15).

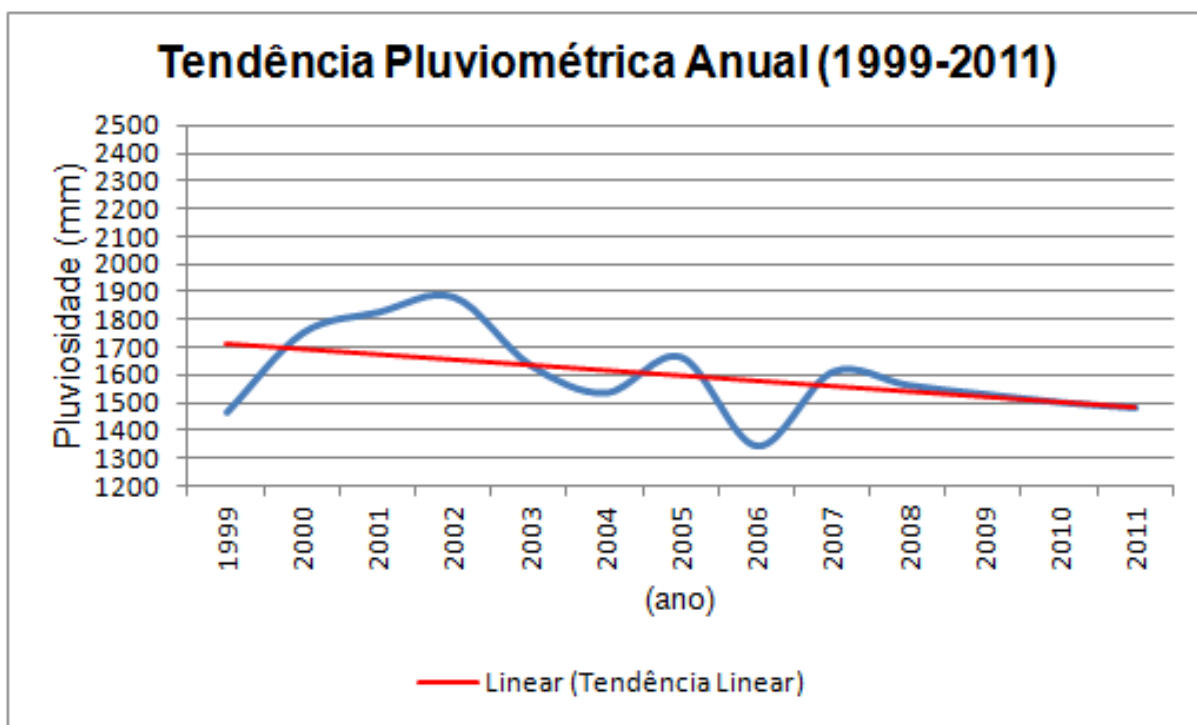
Na escala temporal, os vários estudos sobre a ODP consideram o período de 1977-1998 como positivo e a partir de 1999, negativo.

Em relação à tendência pluviométrica anual (1977-1998 – gráfico 14), nota-se que a tendência é de aumento do total pluviométrico, o que corrobora com o período positivo da ODP. No caso, para a área de estudo o aumento foi significativo com tendência de aproximadamente 300 mm.



**Gráfico 14:** tendência pluviométrica anual (1977-1998)

Em relação à tendência pluviométrica anual (1999-2011 – gráfico 15), os resultados apresentaram uma tendência à redução do total pluviométrico, com aproximadamente 200 mm de diminuição ao longo do período analisado. Mesmo considerando um menor número de dados (13 anos) o resultado é semelhante aos efeitos da fase negativa da ODP.



**Gráfico 15:** Clima Subtropical do Brasil: tendência pluviométrica anual (1999-2011)

REBELLO (2005), em um estudo de séries históricas de dados de precipitação e TSM, de 1900 a 2005, observou que existem fases quentes e frias bem definidas pelo índice de ODP. Entre 1900 e 1925, o padrão de anomalias de TSM não esteve bem definido; nos períodos de 1925 a 1946 (quente), de 1947 a 1976 (fria) e de 1977 a 1997 (quente), as fases estiveram bem definidas. O período mais recente, 1998-2005, caracteriza-se como uma fase fria, ou seja, são observadas águas mais quentes que a climatologia no Pacífico Norte e águas mais frias na região tropical, produzindo valores negativos do índice de ODP.

Além da análise gráfica, os dados de tendência anual e sazonal também foram espacializados<sup>6</sup> para facilitar a visualização e também estabelecer relações que não seriam possíveis através da análise gráfica. Foram utilizados os métodos estatísticos de Mann-Kendall, regressão linear e de Pettit.

Em relação à Figura 42 sobre a tendência da pluviosidade total anual (Mann-Kendall) para o período de 1977-2011, a maior parte da área de estudo apresenta tendência de aumento. Destaca-se que uma parte significativa das estações apresentam resultados onde a pluviosidade aumentou mais de 15% no período. Dos resultados, 33,8% das estações analisadas apresentaram tendências positivas que variaram entre 5 a 15% e 37,2% das estações apresentaram resultados acima de 15% na variação do total anual da pluviosidade. Das 207 estações, 14% não apresentaram variações positivas ou negativas ao longo do tempo. No teste de Mann-Kendall, o número de estações que apresentaram tendência negativa foi de 11,5% do total entre 5 a 15% de variação e apenas 3,5% das estações apresentaram tendências negativas acima de 15%.

Das variações positivas, destacam-se as estações localizadas no litoral de Santa Catarina com p-valor ( $<0,05$ ) e tendência de aumento anual de aproximadamente 8,35 mm/ano. Ressalta-se que este resultado sofre influência dos eventos atmosféricos que ocorrem na região, como por exemplo o El Niño.

No Sudoeste do Rio Grande do Sul, destacam-se estações que apresentaram tendência negativa, onde os resultados de algumas estações foram de variações anuais de aproximadamente -5,12 mm/ano. Este estado naturalmente apresenta índices pluviométricos baixos, sendo que a tendência negativa em parte do seu território pode acarretar em problemas significativos.

Destacam-se também as estações localizadas na parte norte da área de estudo, onde muitas não apresentaram tendência mesmo com grau de significância acima de 95%.

No teste de regressão (figura 43) os resultados foram semelhantes aos encontrados no teste de Mann-Kendall, sendo que predominaram na área de estudo as tendências positivas. Das 207 estações, 45% apresentaram tendências de aumento do total pluviométrico anual entre 5 a 15%, 32,8 % das estações tenderam

---

<sup>6</sup> Foram selecionadas 207 estações para análise espacial de modo a facilitar a visualização. As demais estações apresentaram valores equivalentes, sendo agrupadas à uma estação próxima. Além disso, estas 207 estações não apresentam nenhuma falha de dados diários, mensais e anuais.

acima de 15%. Aproximadamente 5% das estações analisadas não apresentaram tendências no período. Das estações que apresentaram tendência negativa, 14,9% ficaram entre 5 a 15% de variação e apenas 2% tenderam a mais de 15% de variação negativa entre 1977 e 2011.

Das estações que apresentara tendência positiva, destacam-se as localizadas no litoral do Paraná e Santa Catarina com aumentos anuais de aproximadamente 7,28 mm/ano e 8,02 mm/ano respectivamente. Das variações negativas, assim como no teste de Mann-Kendall, destacam-se as estações localizadas no sudoeste do Estado do Rio Grande do Sul com tendências entre -2,5 mm/ano até - 5,14 mm/ano.

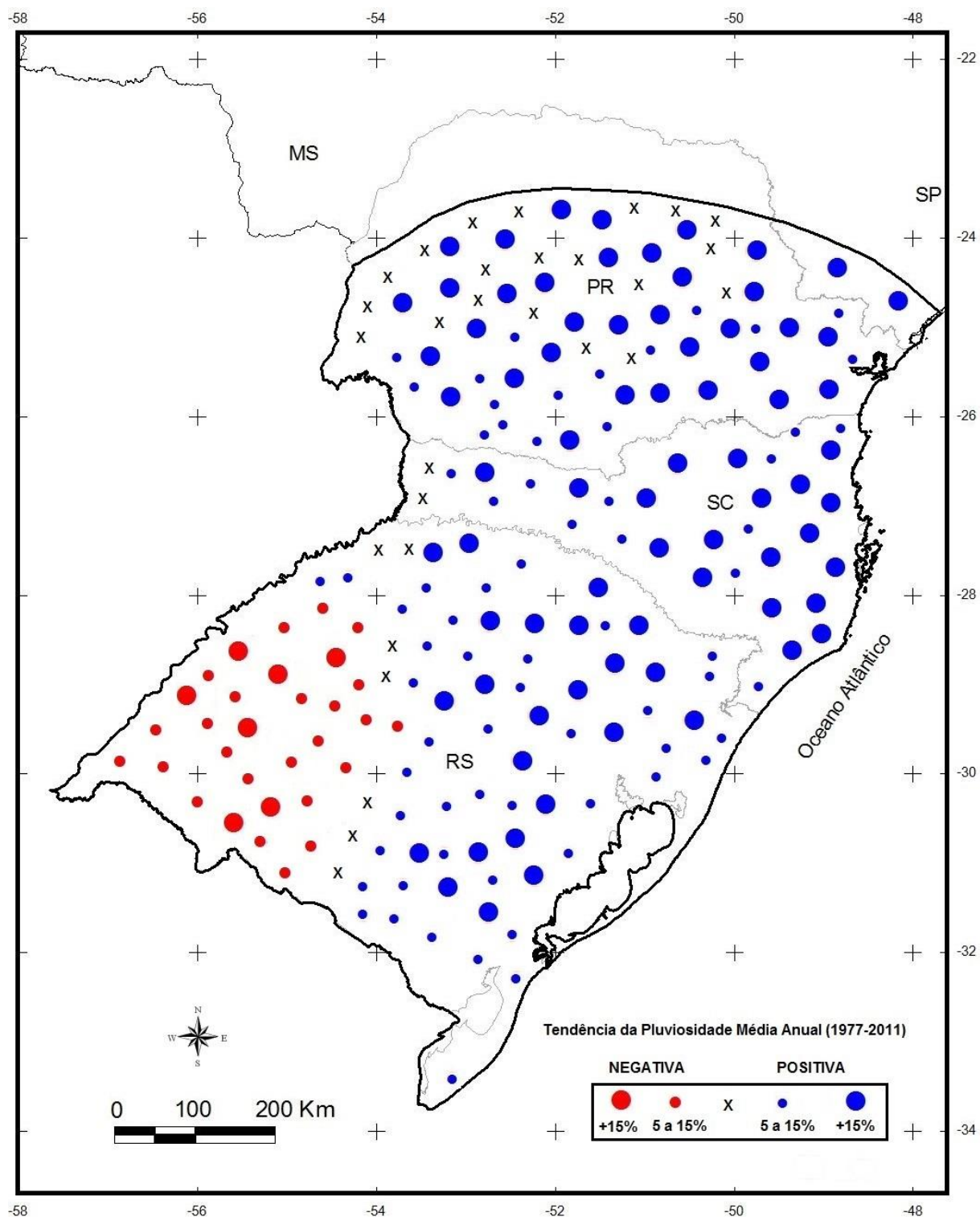
Os resultados do teste de regressão ficaram semelhantes ao teste de Mann-Kendall, porém com um número menor de estações que não apresentaram variações no período analisado.

Na análise de Pettit (figura 44) os resultados acompanharam os demais testes em relação às tendências. A maioria das estações apresentaram tendências positivas no período sendo que 50,3% das estações tenderam ao aumento entre 5 a 15% do total pluviométrico anual e 24,7% das estações apresentaram resultados acima de 15% de variação.

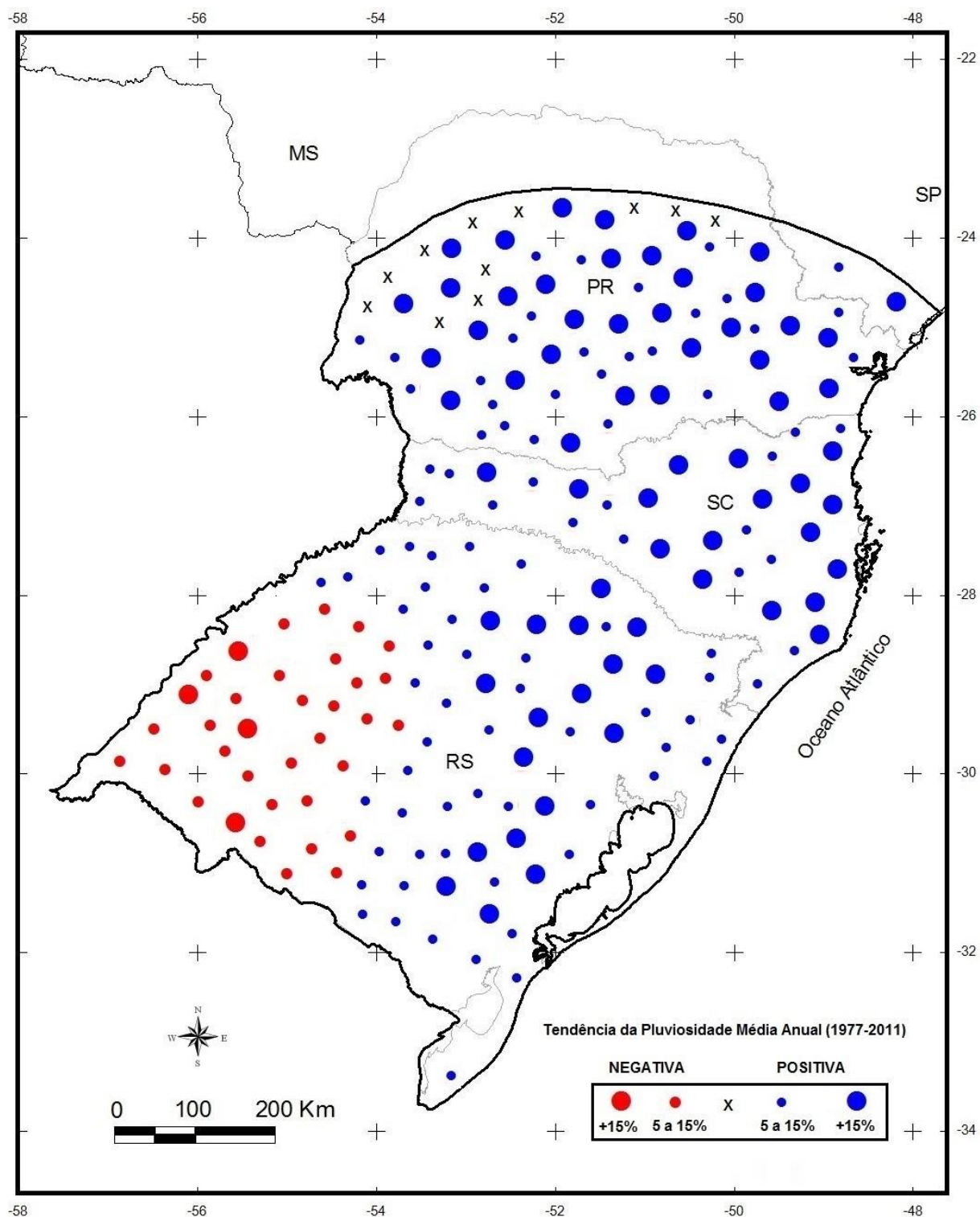
Das tendências negativas, também se destacam as estações localizadas no Rio Grande do Sul, mas com variações negativas entre 5 a 15% na média de -3,24 mm/ano. Não foram registradas tendências negativas acima de 15% do total pluviométrico anual.

Das tendências positivas, destacam-se as estações localizadas na parte leste da área do estudo, principalmente nos litoral de São Paulo, Paraná e Santa Catarina com aumentos entre 6,02 mm/ano até 8,78 mm/ano.

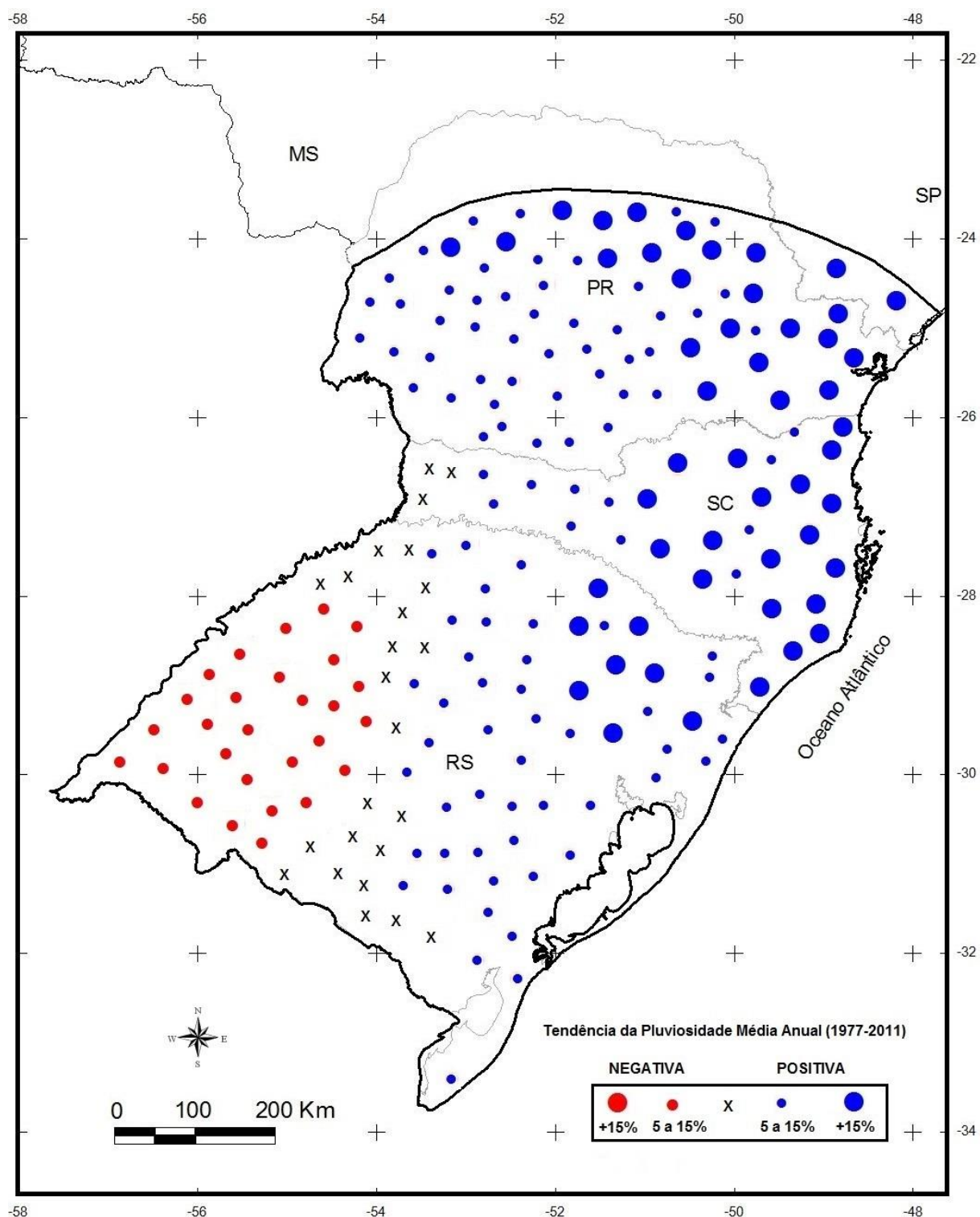
Destaca-se também que nas três análises utilizadas (Mann-Kendall, regressão e Pettit) os resultados ficaram semelhantes e nenhuma estação apresentou resultados opostos comparando os três métodos (ex: as estações variaram de intensidade mas nenhuma apresentou tendência positiva num teste e tendência negativa em outro, ou contrário).



**Figura 42** – Tendência da Pluviosidade total Anual – Mann Kendall (1977-2011)



**Figura 43 – Tendência da Pluviosidade total Anual – Regressão (1977-2011)**



**Figura 44** – Tendência da Pluviosidade total Anual – Pettit (1977-2011)



Os resultados corroboram com a maioria dos estudos já desenvolvidos sobre as tendências pluviométricas, que indicam aumento no total pluviométrico nos últimos trinta anos. Porém, é necessário atribuir as possíveis causas destas tendências a partir dos condicionantes ligados à dinâmica pluviométrica do clima subtropical.

De modo a analisar as possíveis tendências e variabilidade da área de estudo, foram destacadas dinâmicas que exercem influência direta na pluviosidade regional.

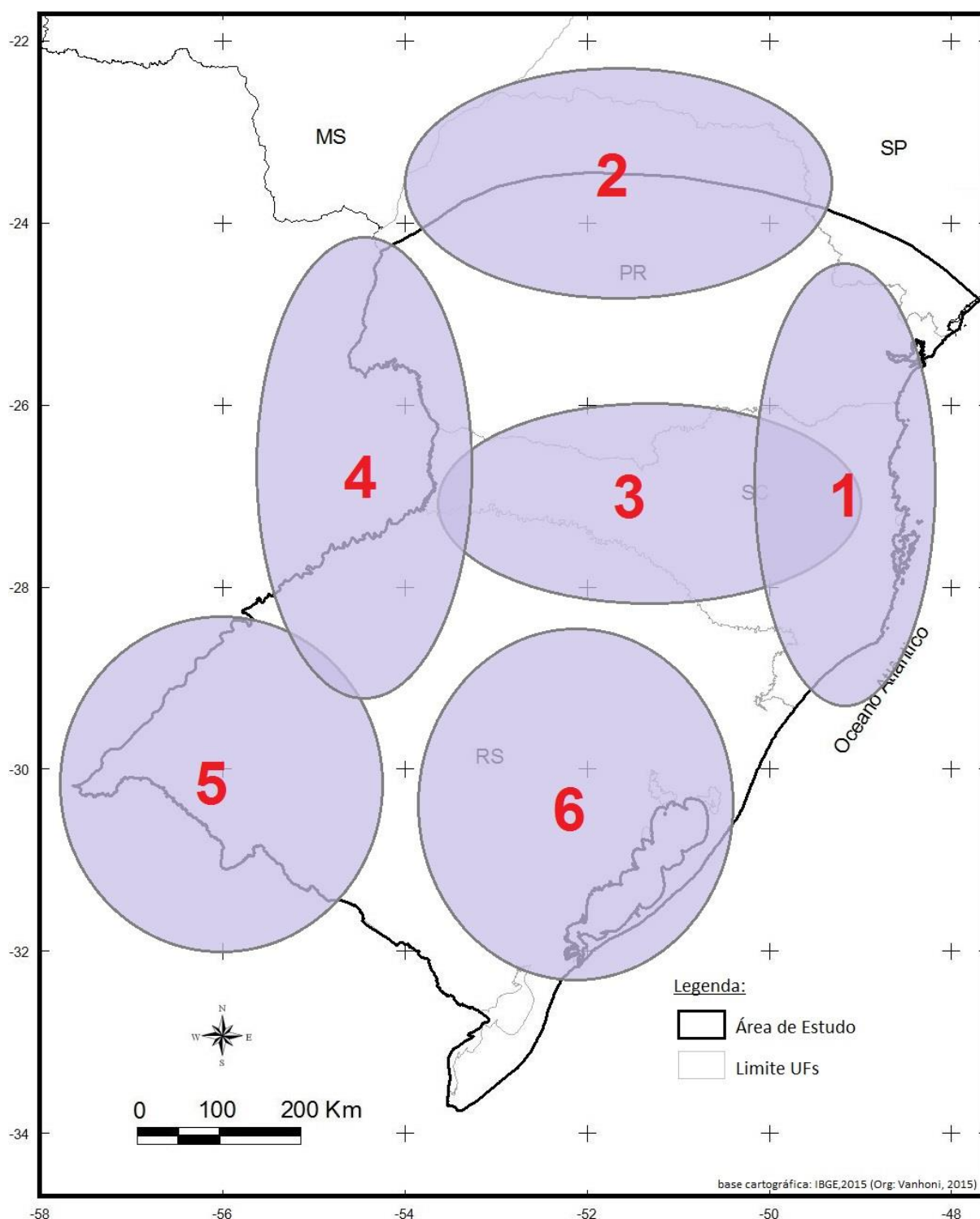
Analisando a figura 45, a área de estudo foi destacada em 6 regiões/fatores de influência na pluviosidade que podem auxiliar na explicação das tendências encontradas nos testes estatísticos de Mann-Kendall, regressão e Pettit – a saber:

- **ÁREA 1:** todas as estações localizadas nesta área apresentaram no período analisado um aumento significativo dos totais pluviométricos nos últimos anos, principalmente nas estações de primavera e verão. Nesta destacam-se as estações litorâneas e as localizadas até a longitude 50°O dos estados do Paraná e Santa Catarina. Uma justificativa deste aumento é que nos últimos anos verifica-se um maior aporte de umidade vindo do Oceano Atlântico devido ao aumento da temperatura. Esta interpretação pode ser analisada também em (PBMC, 2015 e GRIMM, 2011). Assim estas áreas vem apresentando maior ocorrência de Massas tropicais atlânticas e aumento de chuvas convectivas.

- **ÁREA 2:** nesta área verifica-se ao longo do período de estudo uma maior ocorrência de bloqueios atmosféricos e também a influência das ZCAS. Sob a influência da ZCAS a Região Sul, especialmente os estados do Paraná e Santa Catarina, apresentam tempo muito instável e acúmulos maiores de chuvas. Verifica-se nos últimos anos que o tempo (dias) de atuação das ZCAS aumentou, influenciando na dinâmica pluviométrica da área de estudo.



- **ÁREA 3:** verifica-se uma influência direta na dinâmica pluviométrica nesta área devido ao fenômeno El Niño, que na sua ocorrência implica no aumento significativo da pluviosidade total chegando a mais de 50 %. Esta influência corrobora para a maioria dos resultados positivos de tendência da região de clima subtropical de abrangência do fenômeno.
  
- **ÁREA 4:** nesta área verifica-se uma diminuição do registro de passagem de Frentes Frias no período de análise do estudo a partir da leitura dos boletins climatológicos, diminuindo os totais pluviométricos principalmente no verão e outono, mas com uma influência constante dos CCMs e da Baixa do Chaco, que mantém tendências positivas no noroeste da área de estudo.
  
- **ÁREA 5:** esta área destaca-se nas análises estatísticas com tendências negativas da pluviosidade. Em relação aos dados das estações e considerando o período de análise (1977-2011), tem-se uma diminuição no número de dias com chuva, influenciada principalmente pela diminuição do registro de passagem de Frentes Frias.
  
- **ÁREA 6:** O aumento das chuvas no Rio Grande do Sul pode estar atrelado aos avanços dos sistemas frontais, favorecido pelo El Niño Oscilação Sul (ENOS) que durante seu período de atuação intensifica o período de chuvas nesta região.



**Figura 45** – áreas e fatores de influência das tendências pluviométricas

Os resultados indicam uma tendência no período, mas também uma variabilidade influenciada principalmente pelos fatores dinâmicos que atuam na região de clima subtropical.

Para aprofundar a análise de tendência, além da abordagem anual, também foram espacializados dados sazonais para melhor representação da dinâmica anual das tendências pluviométricas.

Em relação à tendência para o verão (figuras 46, 47 e 48 – Mann-Kendall, regressão e Pettit), os resultados apresentam aumento da pluviosidade para a maior parte da área de estudo. Destacam-se o litoral de São Paulo, Paraná e Santa Catarina com aumentos mais expressivos passando dos 20%. Este resultado vem de encontro com as hipóteses de aumento da umidade no litoral da área de estudo, pela atuação mais significativa das MTA. As tendências de aumento nesta estação são preocupantes, já que esta época climatologicamente representa o período com as maiores médias pluviométricas para a maior parte da região de clima subtropical.

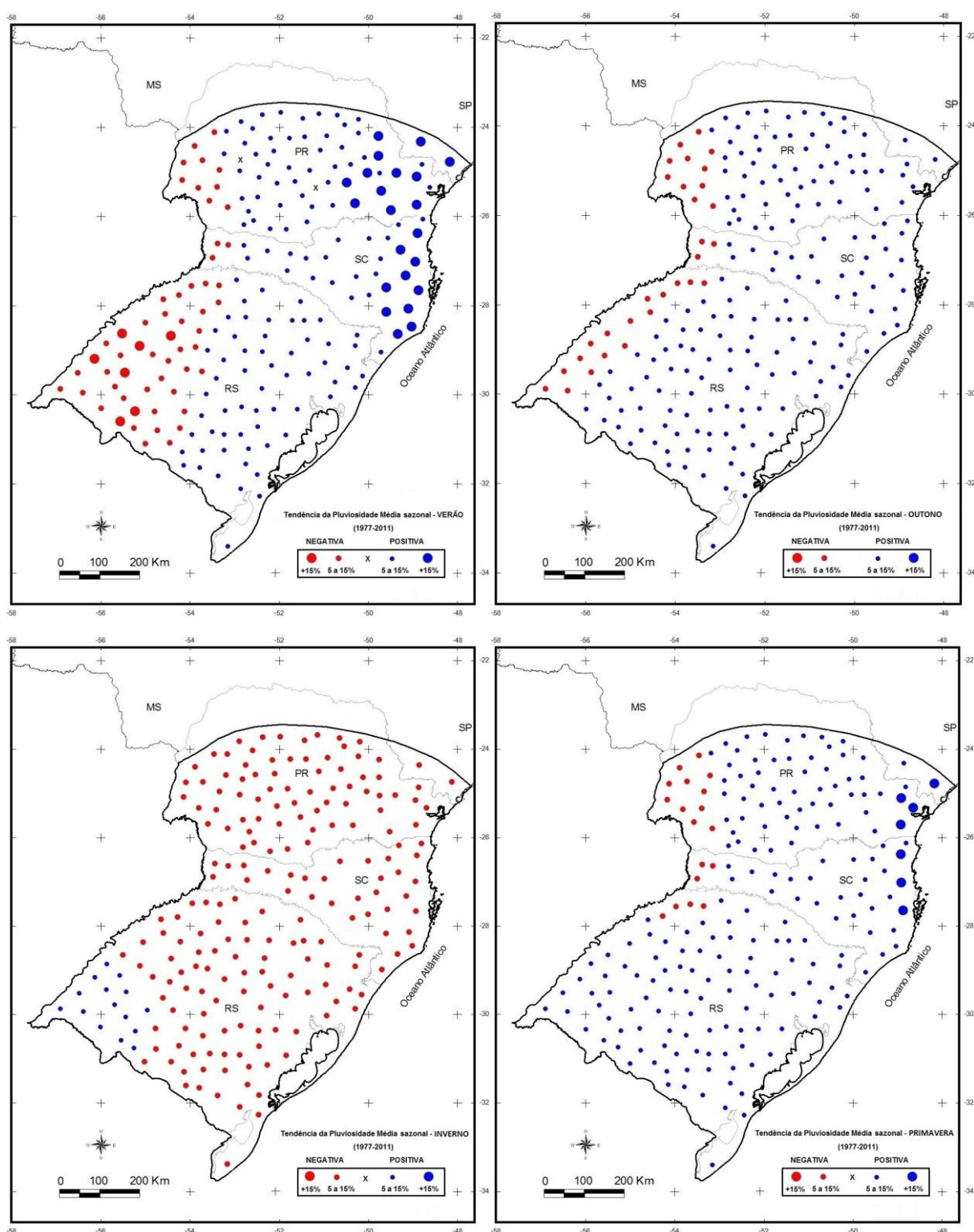
Toda a parte oeste da área de estudo apresenta tendência negativa, ressaltando os resultados anuais e que refletem a diminuição dos dias de chuva e dos registros da passagem de frentes frias.

No outono (figuras 46, 47 e 48), também predominam as tendências positivas na maior parte da área de estudo, porém sem nenhuma estação com tendência acima dos 15%. Na parte oeste, mantêm-se os resultados de tendências negativas assim como as verificadas no verão, porém com menor intensidade.

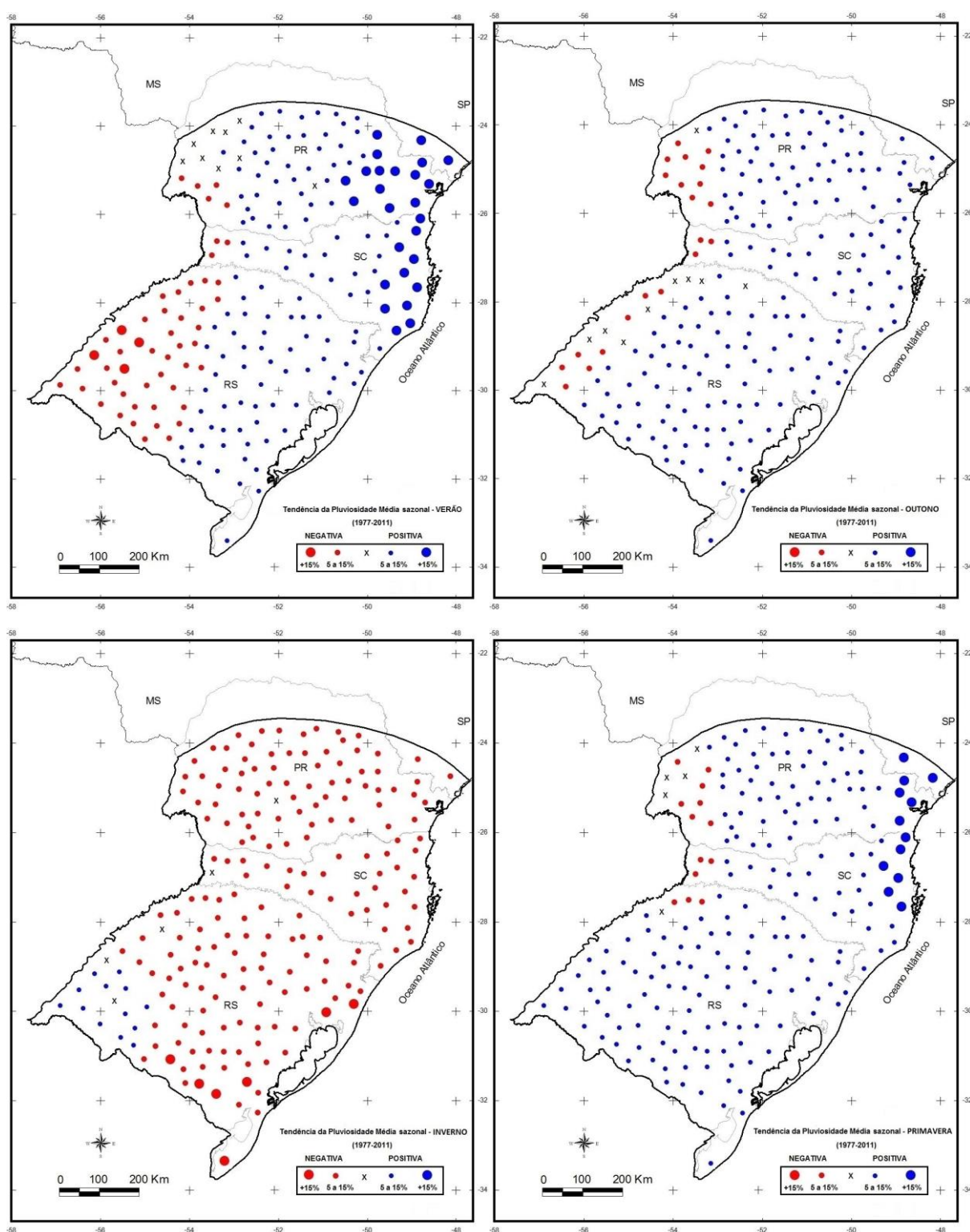
No inverno (figuras 46, 47 e 48), verifica-se uma tendência contrária aos resultados do verão e outono sendo que a maioria das estações apresentam tendências negativas. Fato que também gera preocupação devido ser um período de médias baixas para a região, tendendo a ficar mais seco.

Na primavera (figuras 46, 47 e 48), é o período que apresentou a maior abrangência de estações com tendências positivas. Assim como no verão, destacam-se as estações localizadas ao leste da área de estudo.

O Sul do Brasil é uma região de passagem da frente polar em frontogênese, o que o torna constantemente sujeito a bruscas mudanças de tempo, pelas sucessivas invasões de tais fenômenos frontogenéticos, em qualquer época do ano. Portanto, observa-se uma forte influência da circulação atmosférica da região reforçada pela existência das massas de ar vindas do Oceano Atlântico, que atuam na primavera sobre o continente de forma expressiva, transportando umidade para o seu interior e assim associando-se às variações sazonais. Acredita-se que a variabilidade apresentada trate-se de um comportamento climático dependente da circulação atmosférica regional.

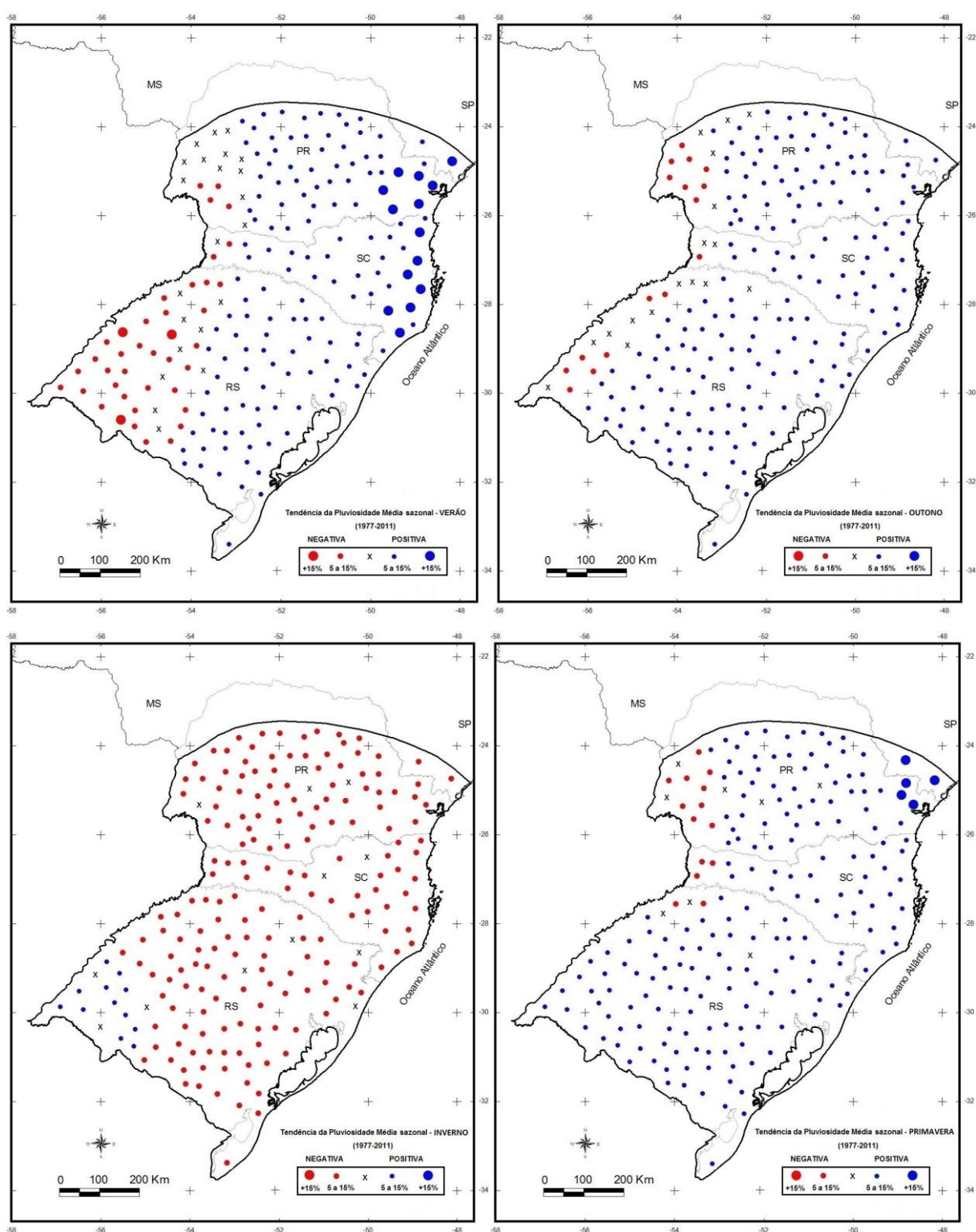


**Figura 46 – Tendência da Pluviosidade Sazonal (Mann-Kendall)**



**Figura 47 – Tendência da Pluviosidade Sazonal (Regressão)**





**Figura 48 – Tendência da Pluviosidade Sazonal (Pettit)**

Pela sua posição geográfica, a região Sul é parte do país sobre a qual as mudanças climáticas apresentariam, hipoteticamente, as mais expressivas manifestações; a intensificação do aquecimento global incidiria, na escala regional, sobre um reforço nas características de tropicalidade da área, ou seja, haveria elevação das médias e extremos térmicos acompanhada de aumento dos totais e extremos pluviométricos, especialmente na estação de verão (MENDONÇA, 2014, p. 25).

Os resultados de aumento corroboram com aqueles obtidos por Silva *et al.* (2010), os quais encontraram tendências significativas de aumento do acumulado mensal desde o centro e leste de Santa Catarina até o leste do Paraná. Resultado semelhante foi encontrado por Barros *et al.* (2008) que mostraram uma tendência positiva na precipitação anual na América do Sul subtropical, a leste dos Andes. No noroeste da Argentina, nordeste do Uruguai e sul do Brasil foram observadas tendências de aumento de até 200 mm, ao longo do período de 40 anos.

Minuzzi e Caramori (2011) também encontraram aumento nas séries temporais de precipitação no estado do Paraná, principalmente no verão e na primavera. No verão, o aumento variou entre 17 e 37 mm/década, e na primavera, entre 16 e 42 mm/década. Eles observaram que as estações pluviométricas que apresentaram maiores tendências de aumento estavam situadas na metade leste do estado, em áreas próximas ao Oceano Atlântico. Deste modo, o aumento pode estar associado com chuvas oriundas da circulação marítima ou do aumento da frequência de frentes frias, conforme proposto por Cavalcanti e Kousky (2009).

Penalba e Robledo (2010) também encontraram aumento de precipitação diária na região sul do Brasil, especialmente de eventos extremos no verão, outono e primavera. Conforme mostram Kayano e Sansigolo (2009), as precipitações intensas podem ser causadas pela intensificação dos complexos convectivos de mesoescala, que são mais comumente encontrados no lado oeste do Sul do Brasil, provenientes do Paraguai ou Argentina.

Eventos extremos de precipitação no estado de Santa Catarina também foram avaliados por Campos *et al.* (2006) para o período de 1911-2006. Na maioria das regiões estudadas os totais anuais de precipitação apresentaram tendência de aumento.

Obregón e Marengo (2007) mostram tendências significativas de aumento da precipitação total anual na segunda metade do século XX em praticamente toda a Região Sul do Brasil.



#### **IV. RISCOS E VULNERABILIDADES SOCIOAMBIENTAIS ASSOCIADAS À PLUVIOSIDADE NO SUL DO BRASIL**

Nas últimas décadas os desastres naturais têm se tornado tema cada vez mais presente no cotidiano das populações. Há um aumento considerável não apenas na frequência e na intensidade, mas também nos impactos gerados causando danos e prejuízos cada vez mais intensos (ABDN, 2013, p. 4).

Eventos extremos, como secas, enxurradas, inundações, ondas de calor, de frio intensos, furacões, trazem conseqüências desastrosas à humanidade.

É evidente que os efeitos dos eventos extremos ocorrem de maneira natural, dentro de um processo dinâmico do meio ambiente, mas devido à crescente ocupação de áreas consideradas de risco aos eventos, tem-se um crescente problema para a população. Por isso o estudo do clima e dos eventos extremos é de suma importância, principalmente para as áreas consideradas de maior risco.

Esses fenômenos meteorológicos não são novidade. Através dos séculos, a humanidade desenvolveu uma boa percepção da frequência dos eventos climáticos extremos e das localizações geográficas onde eles têm mais probabilidade de ocorrer.

Em termos meteorológicos ou climatológicos, grandes desvios de um estado climático moderado (“eventos extremos”) ocorrem em escalas que podem variar desde dias até milênios. Mais importantes para as atividades humanas, entretanto, talvez sejam os eventos extremos a curto prazo (relacionados à meteorologia) e a médio prazo (relacionados ao clima), devido a seu potencial de impactos significativos. Os eventos climáticos e meteorológicos extremos também são um aspecto integrante da variabilidade climática, e sua frequência e intensidade podem variar de acordo com a mudança climática (ABDN, 2013, p. 14).

Na área de estudo verificam-se ao longo do tempo diferentes eventos extremos ou não, que causam impactos significativos na paisagem e principalmente na população mais vulnerável.

Para analisar alguns impactos referentes à dinâmica pluviométrica foram selecionados dois eventos positivos (inundações e enchentes) e dois eventos negativos (secas e estiagem). O propósito desta discussão não é aprofundar a análise dos eventos em associação com a vulnerabilidade, mas sim descrever as relações existentes com a dinâmica pluviométrica do Clima Subtropical.

#### **IV.1 – Extremos positivos / inundações e enchentes**

As variações regionais dos elementos meteorológicos de ocorrências periódicas influenciam diretamente nas atividades humanas e também expõem a riscos as áreas susceptíveis a desastres ambientais.

O tema desastres naturais tem ocupado nos últimos anos, não apenas a atenção de pesquisadores e organizações governamentais e não governamentais, mas também grande espaço nos meios de comunicação. Não sem motivos. É estimativa da ONU – Organização das Nações Unidas que, na última década, pelo menos 25 milhões de pessoas tenham se tornado “refugiados ambientais”, ou seja, foram obrigados a deixar suas terras, seus países devido à degradação ambiental ou desastres naturais (GUTJAHR, 2012).

A incorporação do tempo é essencial para a compreensão do desastre, não só como uma sucessão de eventos em um processo temporal, mas em relação à frequência do fenômeno, quando ocorre o desastre e as etapas de seus impactos após o evento ocorrido. Pode-se dizer que os desastres não ocorrem, se desenvolvem (ROMERO e MENDONÇA, 2012, p. 138).

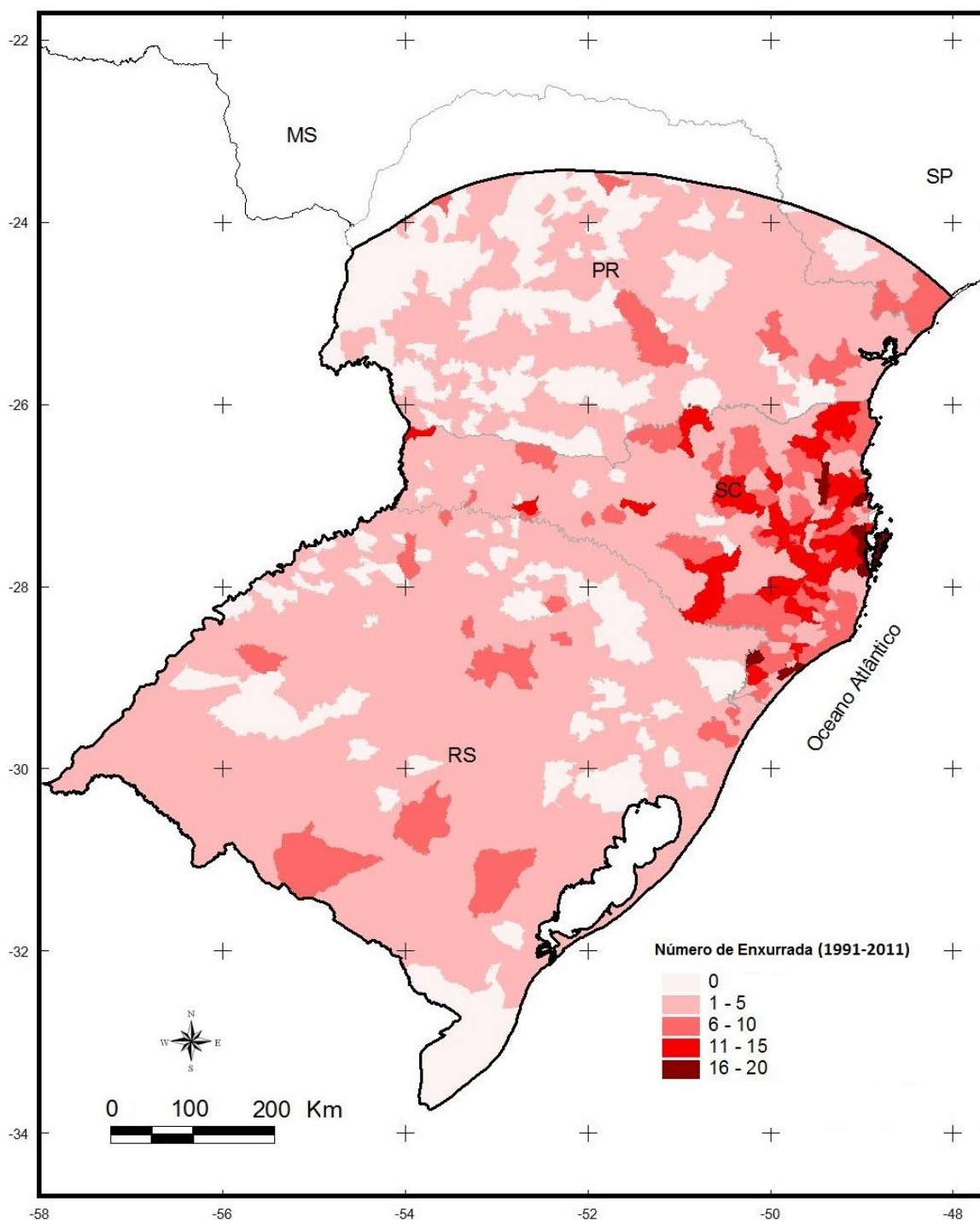
Analisando a (figura 49), verifica-se que na área de estudo são verificadas ocorrências significativas de enxurradas, principalmente em Santa Catarina. Este resultado estabelece uma relação direta com a dinâmica pluviométrica da região e os eventos extremos a ela associados.

O maior número de registros de enxurradas em Santa Catarina acontecem nos meses de janeiro e fevereiro, sendo que esta realidade pode estar associada à atuação de Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis na intensificação da convecção sobre o estado.

As inundações bruscas e os escorregamentos a elas associados, estão entre os desastres climáticos mais frequentes no verão. As inundações bruscas ocorrem também na primavera, mas o maior número de casos registra-se em janeiro e fevereiro. De março a agosto diminui consideravelmente a ocorrência de ambos fenômenos, principalmente devido à diminuição dos totais de precipitação.

Segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (2012) as inundações bruscas passaram a ser denominadas enxurradas e são definidas como

“escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de determinada drenagem e transbordamento brusco de calha fluvial”.



**Figura 49** – número de enxurradas no período (1991-2011)<sup>7</sup> – Fonte dos dados: Atlas brasileiro de desastres naturais (2013)

<sup>7</sup> Foi utilizada a escala temporal 1991-2011 devido a disponibilidade dos dados.

As enxurradas estão associadas a chuvas intensas em bacias hidrográficas declivosas, contudo, podem ocorrer em qualquer lugar. Nota-se que nem sempre a sua ocorrência está associada aos municípios mais populosos. Dessa maneira, além dos fatores antrópicos (população) as características do relevo, a intensidade das chuvas bem como a umidade e a precipitação antecedentes devem ser levadas em consideração ao se analisar este tipo de desastres. (ABDN, 2013, p. 51).

Para detalhar os resultados, os dados também foram analisados na perspectiva de intensidade.

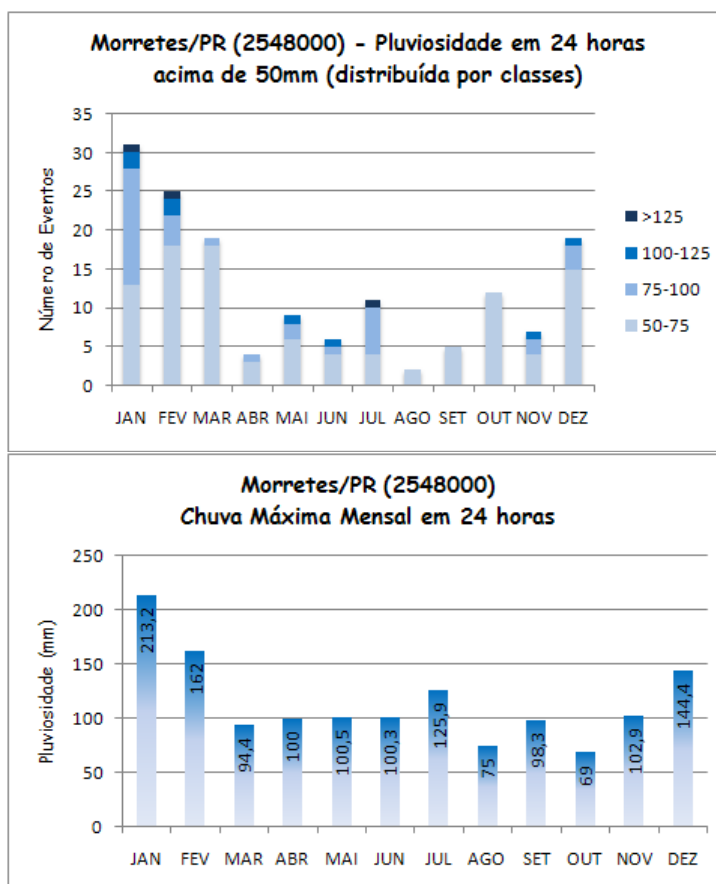
A intensidade das chuvas pode provocar, dependendo da área e dos elementos que a constituem, grandes impactos. Na área de estudo, algumas áreas, dependendo da sua localização, são esporadicamente afetadas por chuvas intensas. Exemplo disso são os municípios localizados no Vale do Itajaí em Santa Catarina e os próximos a Serra do Mar, como Morretes e Antonina no Paraná. Chuvas intensas podem provocar grandes enxurradas, inundações, deslizamentos, o que impacta diretamente a população que vive nestas áreas.

Extremos de precipitação pluviométrica numa determinada região podem ocasionar intensos danos para a agricultura e a sociedade. As enchentes colocam em risco as pessoas que moram em lugares mais vulneráveis (encostas de morros e na beira de córregos e rios), pois causam deslizamentos de terra e transbordamentos.

Segundo Calbeti (1997, p.1): Chuva intensa define-se como sendo aquela que registra um grande volume de água precipitado num curto espaço de tempo. Por exemplo, uma chuva de 20 mm, ocorrida em 24 horas, é considerada fraca, no entanto, este mesmo valor, ocorrido em poucos minutos, que caracteriza a chuva de verão, é geralmente forte e a ocorrência é conhecida popularmente como pancadas de chuva.

Como forma de analisar a intensidade pluviométrica na região do Clima Subtropical do Brasil, foram confeccionados também gráficos de pluviosidade em 24 horas acima de 50 mm (distribuído por classes) e chuva máxima mensal em 24 horas que podem resultar em inundações e enchentes. Segundo o relatório II sobre Mudanças Climáticas do CPTEC/INPE (2007), consideram-se como extremos pluviométricos valores acima de 25 mm/dia.

Em relação à pluviosidade acima de 50 mm e a chuva máxima mensal em 24 horas tem-se: na estação pluviométrica de Morretes/PR (2548000 – gráfico 16) o maior índice de chuva acima de 50 mm no período (1977-2011) ocorre no mês de Janeiro com um total de 13 (treze) eventos entre 50 e 75 mm, 15 (quinze) entre 75 e 100 mm, e 03 (três) acima de 100 mm, sendo que no dia 25/1/2004 choveu o equivalente a 213.2 mm em 24 horas. Em agosto, além do menor índice pluviométrico, a intensidade também não é significativa sendo que no período de análise para este mês apenas em 02 (dois) dias choveu mais que 50 mm em 24 horas.



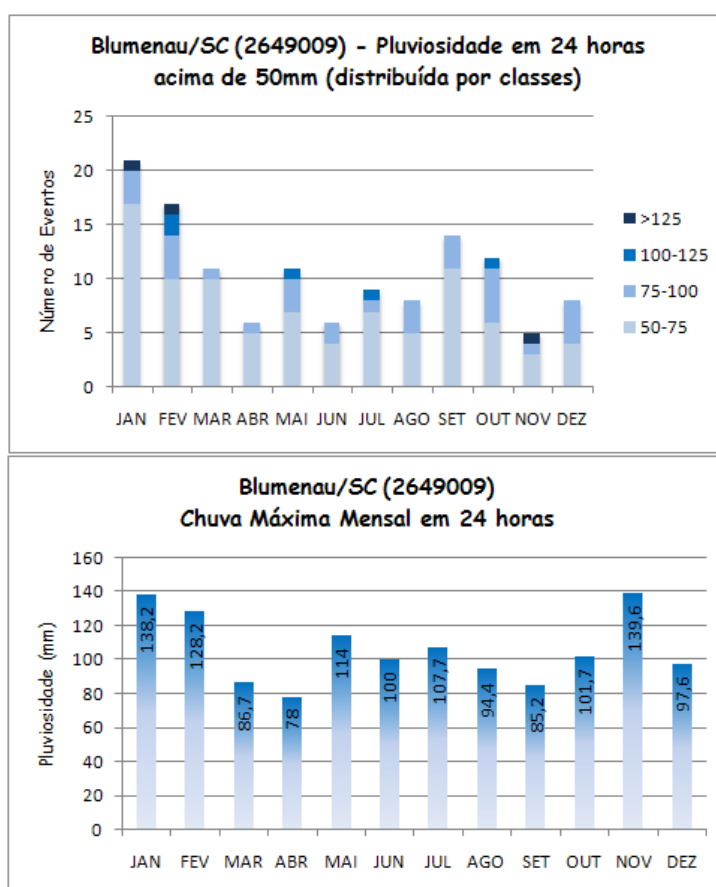
**Gráfico 16:** Pluviosidade em 24 horas acima de 50 mm e chuva máxima mensal em 24 horas - Morretes/PR (2548000).

Segundo o relatório de desastres naturais da Defesa Civil do Paraná, nos dias 24 e 25/01/2004 ocorreram enxurradas e inundações bruscas com 5.200 pessoas afetadas e 500 casas danificadas somente no Município de Morretes/PR.

A região de Blumenau/SC apresenta características interessantes quando a distribuição das chuvas intensas. A localização desta cidade atribui à mesma efeitos

significativos quando da ocorrência de chuvas acima de 50 mm em 24 horas. Em 1983 quando ocorreu o El Niño, Blumenau/SC bem como outras localidades dentro do Vale do Rio Itajaí foram seriamente afetados pelos altos índices pluviométricos e consequentemente através dos efeitos locais como as enchentes e deslizamentos.

Em relação à estação meteorológica (2649009 – gráfico 17) localizada na referida cidade, nota-se que predominam eventos entre 50 e 75 mm/dia principalmente nos meses de verão, diminuindo principalmente nos meses de abril e junho. O maior índice pluviométrico registrado nesta estação pluviométrica dentro do período de análise foi em 15/11/1991 com total de 139,6 mm/dia.

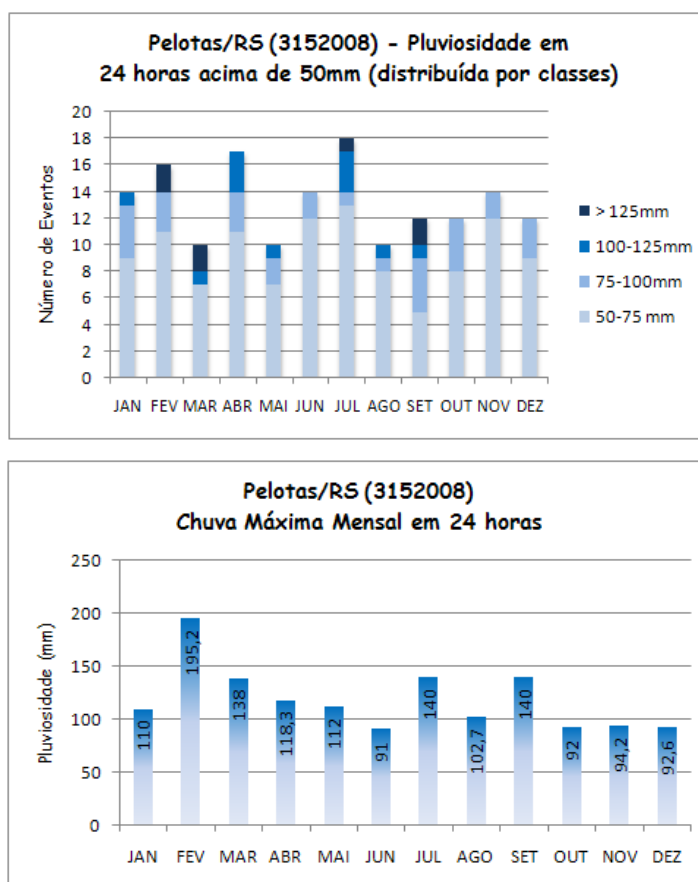


**Gráfico 17:** Pluviosidade em 24 horas acima de 50 mm e chuva máxima mensal em 24 horas - Blumenau/SC (2649009).

Em Santa Catarina, a configuração morfológica, a continentalidade e maritimidade interagem com os sistemas atmosféricos influenciando variações climáticas locais de aquecimento, resfriamento e pluviosidade, principalmente devidas à altitude. A suscetibilidade aos riscos e desastres climáticos é também reflexo das características fisiográficas, mas principalmente da organização do

espaço. Os vales são uma feição marcante na paisagem catarinense, identificando regiões importantes do Estado como o Vale do Itajaí, Tubarão e Araranguá na vertente do Atlântico e o Vale do Uruguai, do Peixe e Iguaçu no planalto (MAGALY MENDONÇA, p.3, 2005).

Em Pelotas no Rio Grande do Sul (gráfico 18), a dinâmica da pluviosidade em 24 horas acima de 50 mm apresenta-se de maneira distinta das demais áreas no Paraná e Santa Catarina. Os maiores índices ocorrem nos meses de julho e abril, porém não abrange um número significativo de dias. Em julho cerca de 13 (treze) dias choveu entre 50 e 75 mm, sendo que esta característica decorre da dinâmica atmosférica predominante nesta área. As massas de ar frio e as frentes não provocam acumulados significativos de chuva devido à baixa umidade que transportam. O maior acumulado de chuva ocorreu em 15/2/1983 com total de 195,2 mm/dia. A partir desta data, como foi um ano de atuação de El Niño, supõe-se que o mesmo contribuiu para este total, mesmo não sendo esta área a que reflete maiores influências.

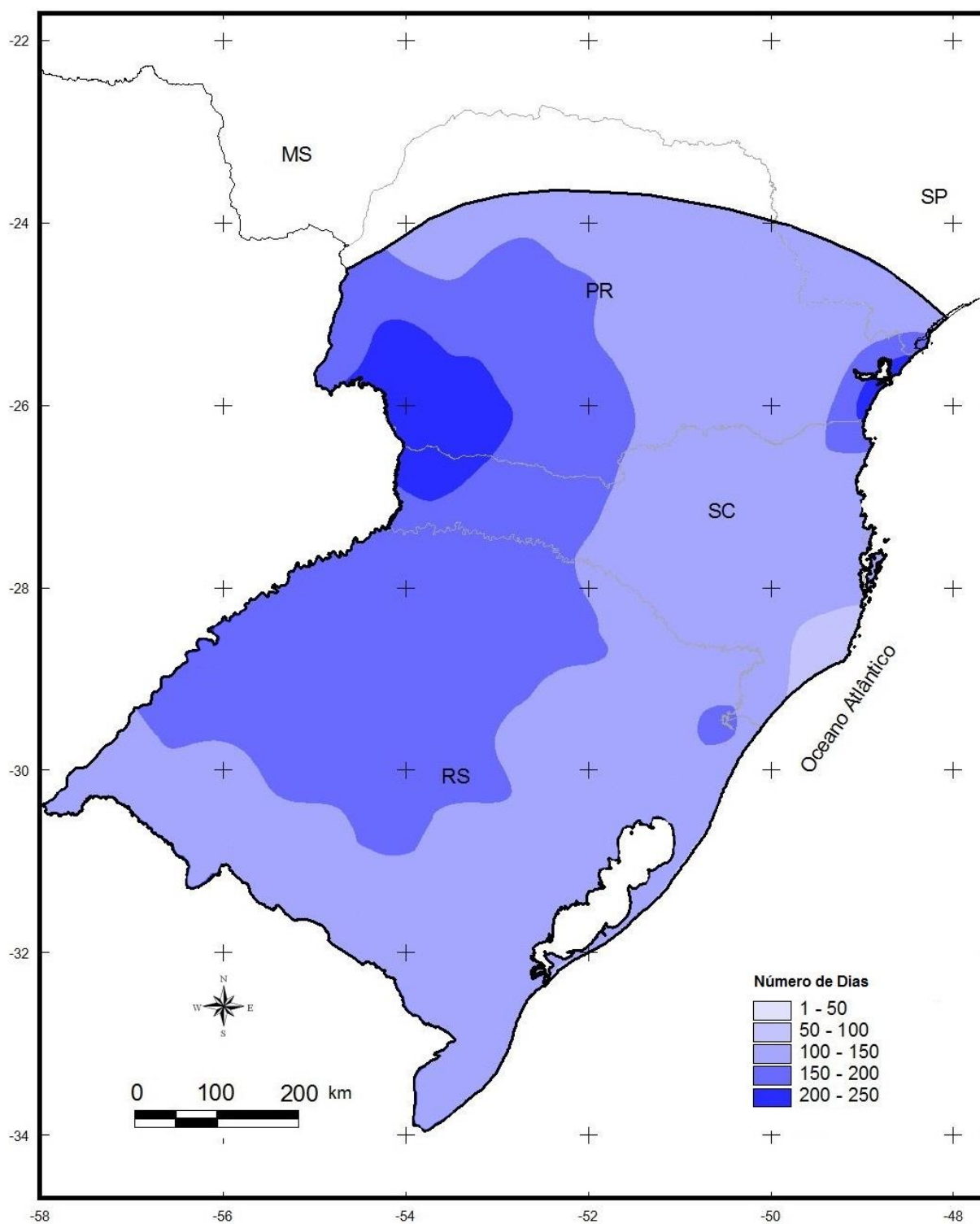


**Gráfico 18:** Pluviosidade em 24 horas acima de 50 mm e chuva máxima mensal em 24 horas – Pelotas/RS (3152008).

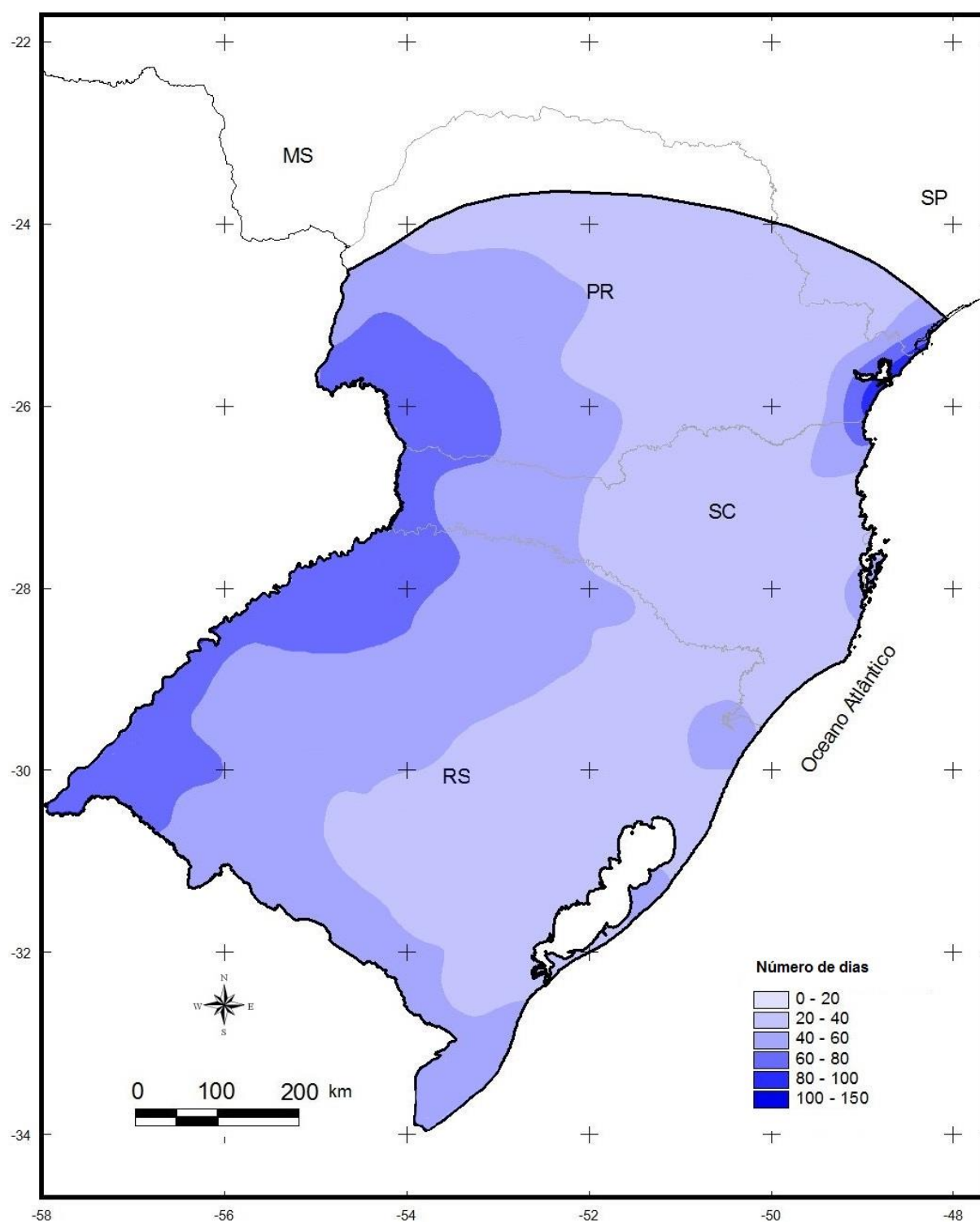
Além da abordagem gráfica, a intensidade das chuvas também foi espacializada, considerando todos os dias que registraram acumulados de chuva acima de 50 mm de 1977-2011.

Analisando as figuras (50, 51, 52 e 53) nota-se que o maior número de dias de pluviosidade acima de 50 mm acontece principalmente na parte oeste da área de estudo e também no litoral com destaque para o Paraná e Santa Catarina. No oeste, a região sofre influência da atuação das Frentes Frias e CCMs que causam pancadas de chuvas com grande acumulado. No litoral, as chuvas acima de 50 mm geralmente estão associadas às convecções de verão.

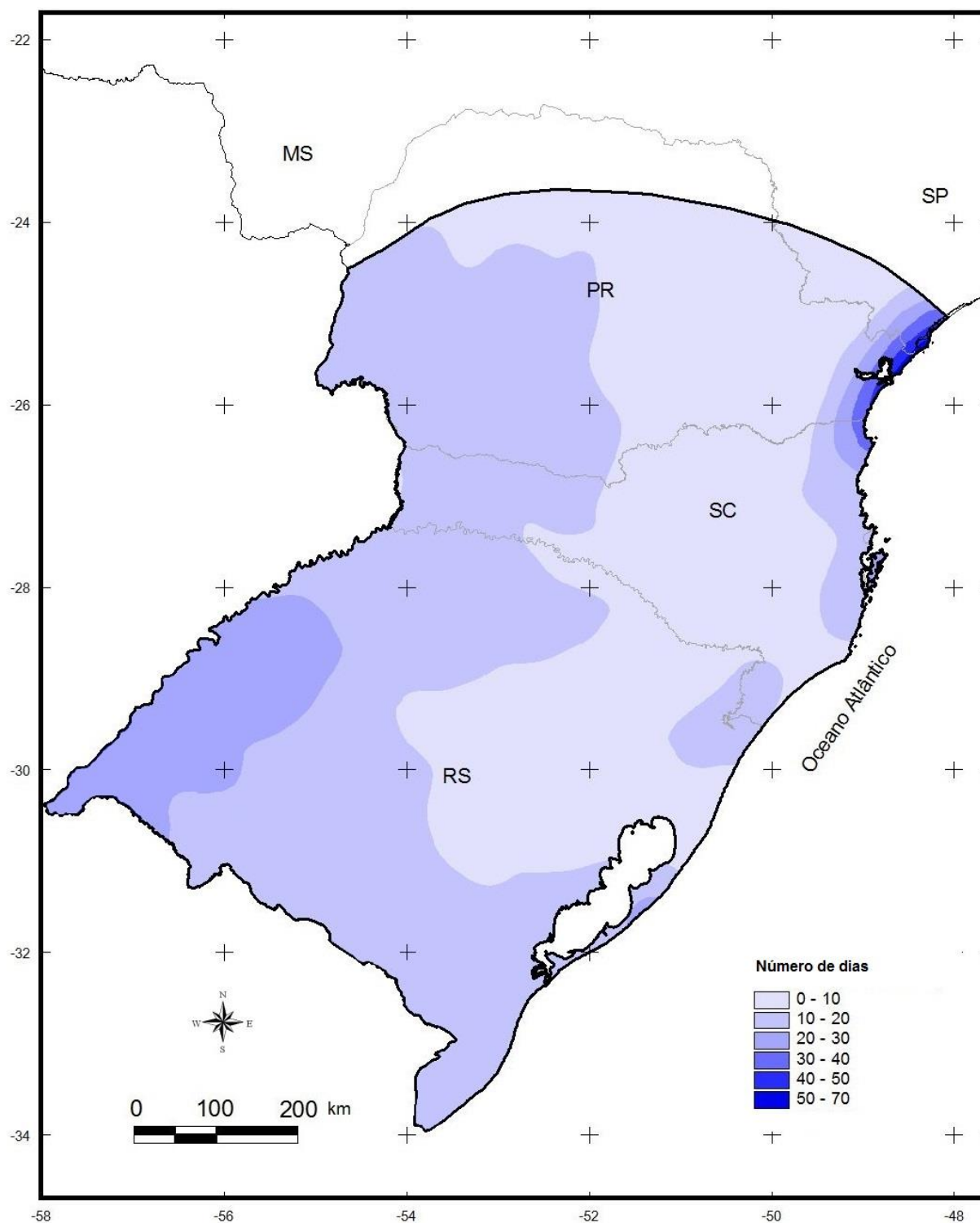




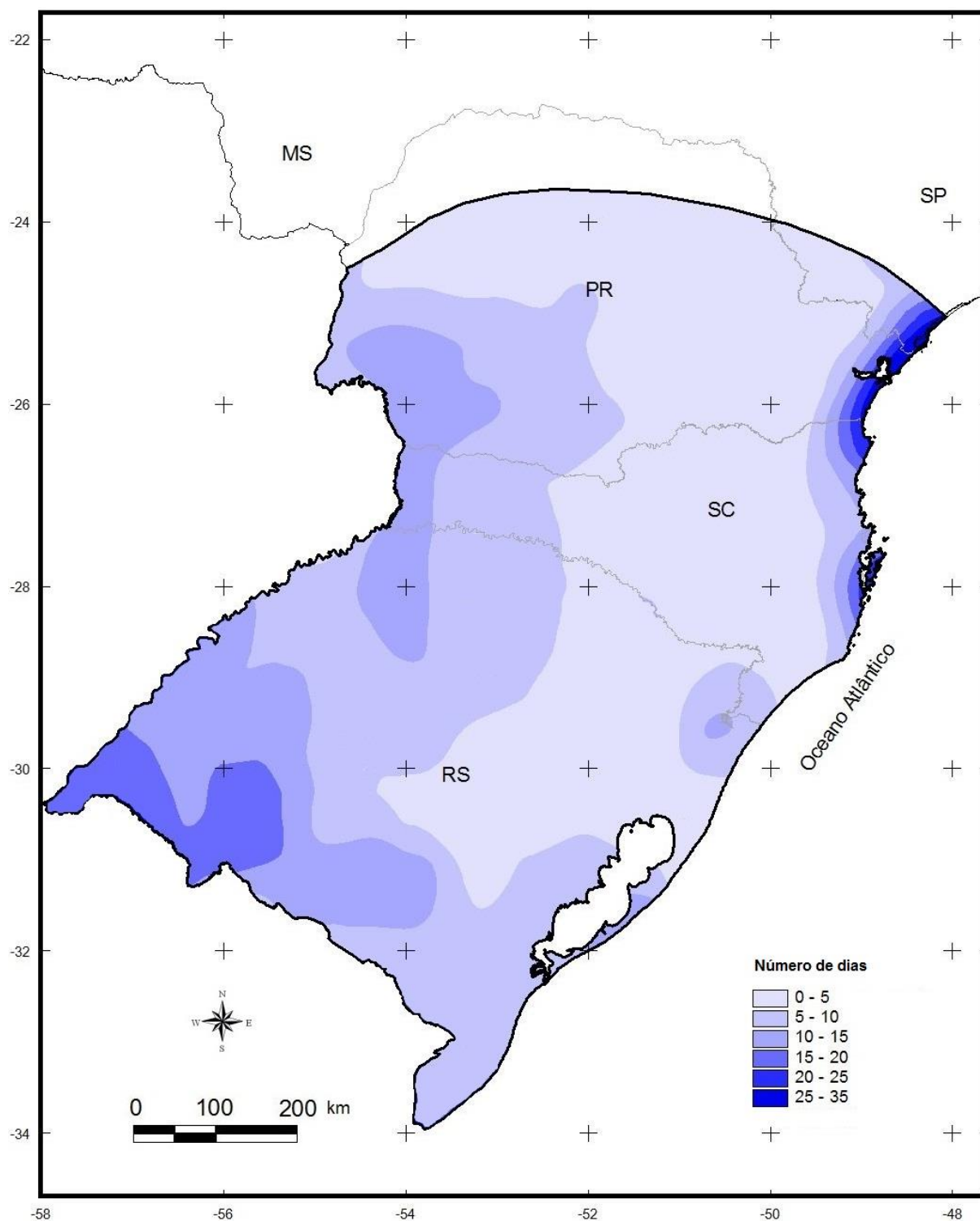
**Figura 50:** Total de dias com pluviosidade em 24 horas entre 50 e 75 mm (1977-2011)



**Figura 51:** Total de dias com pluviosidade em 24 horas entre 75 e 100 mm (1977-2011)



**Figura 52:** Total de dias com pluviosidade em 24 horas entre 100 e 125 mm (1977-2011)



**Figura 53:** Total de dias com pluviosidade em 24 horas acima de 125 mm (1977-2011)

## **IV.2 – Extremos negativos / secas e estiagens**

A região Sul do Brasil tem enfrentado períodos de estiagens na última década, com intensidade e frequência acima do normal, afetando de forma decisiva a sua economia.

O conceito de estiagem está diretamente relacionado à redução das precipitações pluviométricas, ao atraso dos períodos chuvosos ou à ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada, em que a perda de umidade do solo é superior a sua reposição (CASTRO, 2003).

No Brasil são utilizados os termos estiagem e seca como eventos de intensidade diferentes. De acordo com o Manual de Desastres Naturais, Vol.1 da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC) “as estiagens resultam da redução das precipitações pluviométricas, do atraso dos períodos chuvosos ou da ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada.

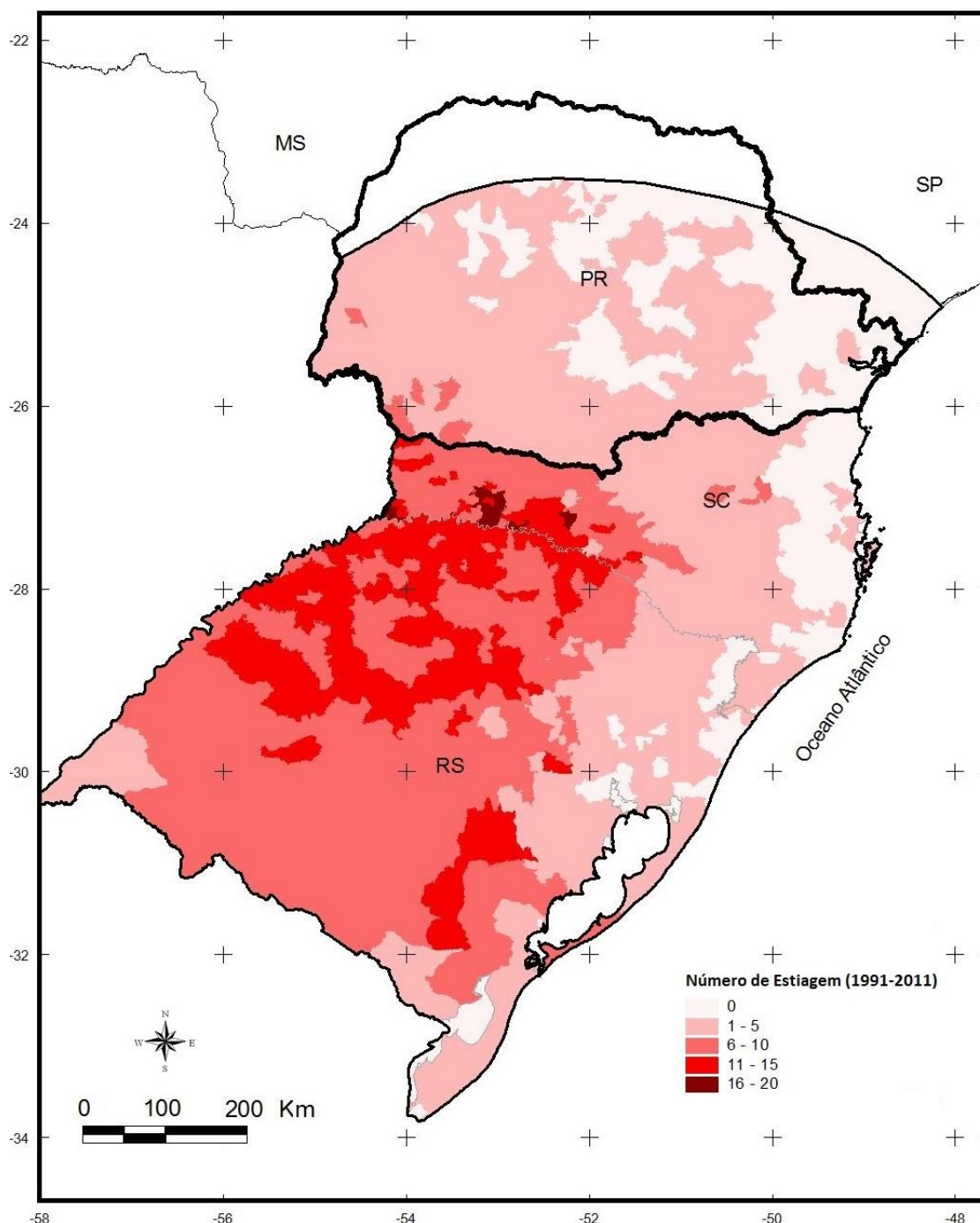
“Nas estiagens, ocorre uma queda dos índices pluviométricos para níveis sensivelmente inferiores aos da normal climatológica, comprometendo necessariamente as reservas hidrológicas locais e causando prejuízos à agricultura e à pecuária” (CASTRO et al., 2003).

As secas são consequência da deficiência de precipitação durante um período prolongado de tempo que resulta em escassez de água para algumas atividades, grupos ou setor ambiental (NDMC, 2006). Ocorrem em quase todos os países, variando significativamente de uma região para outra.

A estiagem se caracteriza por ocorrer durante longos períodos de tempo, até mais de uma estação do ano, afetando grandes extensões territoriais. Refere-se a um período prolongado de precipitação baixa ou ausente, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição, causando um sério desequilíbrio hidrológico (GONÇALVES e MOLLERI, 2005).

A magnitude dos impactos da estiagem resultam da relação entre déficit pluviométrico e as atividades sócio-econômicas desenvolvidas.

Principalmente no verão, sob influência de massa de ar seco, como a Tropical Continental (mTc), ocorre o bloqueio de sistemas produtores de chuva e formação dos processos convectivos na Região de Clima Tropical influenciando nos casos de secas e estiagem (figura 54).



**Figura 54:** número de estiagens no período (1991-2011)<sup>8</sup> – Fonte dos dados: Atlas brasileiro de desastres naturais (2013)

<sup>8</sup> Foi utilizada a escala temporal 1991-2011 devido a disponibilidade dos dados.

Na área de estudo os maiores números de estiagens ocorrem no oeste de Santa Catarina e noroeste do Rio grande do Sul.

A persistência da estabilidade causada pelo domínio da mTc resulta em estiagens, principalmente no interior da Região (MAGALY MENDONÇA, 2011, p. 7).

Serra (1969) analisou anos secos e chuvosos para o Estado do Rio Grande do Sul e concluiu que o ano seco apresenta frentes mais rápidas que atingem menores latitudes (12°S). Já o ano chuvoso mostra frentes mais lentas, que avançam menos.

As estiagens causam grandes perdas econômicas e na área de estudo podem ser intensificadas pelo fenômeno La Niña, sendo que a área em destaque na figura 54 sofre influência direta deste fenômeno.

Em fevereiro de 2005, por exemplo, houve uma seca muito severa no Sul do Brasil, provocando perdas agrícolas. Ao analisarmos a série temporal de ODP, verifica-se que este período foi caracterizado por valores negativos, e que esteve associado à ocorrência de La Niña.

Tanto os eventos positivos (inundações e enchentes) como os negativos (secas e estiagens) são influenciados e influenciam na dinâmica pluviométrica da área de estudo, e a frequência e magnitude de cada um implica em problemas sociais e econômicos, indo além de uma relação exclusivamente climática.

## Considerações Finais

A pluviosidade sempre despertou o interesse dos pesquisadores ao longo do tempo, principalmente por ser um dos principais fatores que regulam várias atividades desenvolvidas pela sociedade.

O estudo da dinâmica pluviométrica auxilia no fornecimento de subsídios à implementação de políticas de ordenamento do espaço urbano visando a melhora na qualidade de vida da população.

Economicamente a Região de influência do Clima Subtropical, por sua base predominantemente agrícola, é muito influenciada pela variabilidade das condições climáticas, principalmente pela dinâmica pluviométrica.

Diante da complexidade do clima planetário e da importância dos mecanismos remotos e de suas teleconexões, é de se esperar que a qualidade das análises realizadas e a redução de incertezas nas projeções das mudanças climáticas globais e regionais sejam diretamente relacionadas à quantidade de estudos científicos e de levantamentos existentes nas diferentes regiões do planeta. (PBMC, 2015).

Como o fenômeno climático é dinâmico e possui alguns mecanismos ainda pouco conhecidos, os estudos direcionados para detecção de tendências e variabilidade têm proporcionado a (re)descoberta de outros elementos, fatores, processos e padrões climáticos.

Este trabalho teve como objetivo analisar a distribuição espaço-temporal da pluviosidade (diária, mensal, sazonal e anual) na área de Clima Subtropical do Brasil, buscando evidenciar os padrões de distribuição e tendências a partir de sua gênese e dinâmica.

Sabe-se que o clima é dinâmico e a sua constituição depende de inúmeros fatores atuantes, por esta razão fica evidente que a análise a partir de apenas um elemento (pluviosidade) não explica o clima no seu todo. Todavia, os resultados neste apresentado, mesmo não abrangendo uma análise total, contribui para o conhecimento da variabilidade climática do sul do país.

Atualmente, o clima e seus elementos apresentam boa análise e descrição, porém algumas lacunas estão carentes de respostas, principalmente em relação à dinâmica pluviométrica na Região do Clima Subtropical do Brasil e as possíveis



consequências e efeitos das tendências climáticas, da variabilidade e dos eventos extremos.

Através da variabilidade mensal, sazonal, anual e diária dos dados, verificou-se uma diferenciação de distribuição das características pluviométricas na área de estudo, sendo influenciadas pela dinâmica atmosférica e fatores estáticos, principalmente o relevo e latitude.

Os sistemas atmosféricos estáveis que atuam no Sul do Brasil são os anticiclones polares e o anticiclone Semifixo do Atlântico Sul. Os sistemas instáveis atuantes na área de estudo são as frentes frias, os vórtices ciclônicos em médios e altos níveis, as baixas de superfície, os complexos convectivos de meso-escala, os cavados em baixos, médios e altos níveis, a convecção tropical, a zona de convergência do Atlântico Sul e os jatos em médios e altos níveis.

A pluviosidade média do total anual na região do Clima Subtropical para o período temporal selecionado ficou em 1690,8 mm. Na análise sazonal, a pluviosidade apresenta-se de forma onde não se verificam meses ou estação seca, e sim períodos de menor precipitação, sendo que a média no verão é 509,5 mm, outono 394,2 mm, no inverno 318,8 mm e 466,9 mm na primavera. Nota-se um aumento do total pluviométrico nas áreas montanhosas, devido principalmente ao efeito orográfico. O relevo através da sua posição e forma influencia na caracterização climática, uma vez que atua como uma barreira natural ao deslocamento de calor e umidade.

Não se verificam meses ou estação seca, e sim períodos de menor precipitação. Em relação à tendência pluviométrica, os resultados entre os métodos ficaram semelhantes. É no verão e na primavera que se verificam as maiores mudanças em relação ao aumento do total pluviométrico, sendo estas as que apresentam normalmente os maiores índices de chuva para as regiões de São Paulo, Paraná e Santa Catarina, sendo que no inverno predomina a tendência à diminuição do total.

A organização e tratamento dos dados representam um passo importante no trabalho, pois a qualidade dos mesmos interfere diretamente nos resultados.

Os métodos estatísticos utilizados (Mann-Kendall, Regressão e Pettit) para análise de tendência climática apresentaram resultados interessantes e parecidos.

Tanto o El Niño como o La Niña podem ocasionar eventos extremos em diferentes regiões da área de estudo, sendo que as adversidades associadas aos

eventos extremos estão principalmente relacionadas ao aumento do total pluviométrico que acarretam episódios constantes de enchentes, enxurradas e deslizamentos.

O fenômeno El Niño oscilação Sul (ENOS) representa um sistema de tempo que atinge a região subtropical do Brasil, sendo que os estudos científicos e a própria dinâmica atmosférica vêm demonstrando que o fenômeno exerce influência relevante nas anomalias climáticas.

Quando se fala sobre mudanças climáticas é importante colocar que as mesmas podem ser resultado de influência antrópica, natural ou associação entre ambas. A comunidade científica tem assinalado fortemente que importantes mudanças climáticas já estariam em curso no planeta. Porém é importante analisar a influência da variabilidade e o papel que esta dinâmica exerce no clima.

Parte das tendências detectadas na precipitação do Brasil pode ser explicada por mudanças de fase em oscilações interdecadais, no entanto, é possível que outra porcentagem já seja uma consequência do atual aquecimento global observado.

Estamos defronte às grandes incertezas e dúvidas em relação ao possível Aquecimento Global. As especulações e modelos de previsão trazem a tona resultados de intensas discussões, sendo que os mesmos não são aceitos em sua totalidade de ideias e informações. O fato é que toda a discussão acerca do assunto trouxe a tona e despertou na sociedade a preocupação em relação ao meio ambiente, porém os fatos previstos principalmente para os próximos 100 anos referente às mudanças climáticas carecem ainda de mais informação e realce das discussões para poderem ser aceitos os modelos como agora se apresentam.

A certeza é que mesmo não sendo verificadas as mudanças no futuro estipuladas pelos modelos, o papel da humanidade frente aos problemas ambientais é importante e sempre deve estar nas pautas de discussões.

## Referências Bibliográficas

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os Trópicos**. São Paulo: Difel. 1988.

AB`SABER. A. N., **Litoral do Brasil**. Metalivros, São Paulo, 2005.

ANDRADE, J. P. et al. **Regime Internacional de Enfrentamento das Mudanças Climáticas: a Visão da Economia Ecológica**. III Encontro da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade – ANPPAS, Brasília-DF, 23-26 de maio de 2006.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. **Previsões de anomalias de temperatura da superfície do mar no Atlântico tropical usando análises de correlações canônicas**. Revista Brasileira de Meteorologia, v.20, n.1, 93-104, 2005

ANDRIUCCI, L. R. ; [SANT'ANNA NETO, J. L.](#) . **Valorização Ambiental: uma abordagem teórica das relações entre estudos climatológicos e as análises econômicas**. Revista brasileira de climatologia, v. 2, p. 103-120, 2006.

ASSIS, F. N., et al, 1996. **Aplicações de Estatística à Climatologia**. Ed. Universitária, UFPEL, Pelotas, RS.

BACK, A.J. **Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas**. Pesq. Agropec. Brasileira, Brasília, v. 36, n. 5, p. 717-726, maio 2001.

BALDO, M.C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na Bacia Hidrográfica do Rio Ivaí – PR**. Tese de Doutorado, USP: 2006.

BARROS, V. R.; DOYLE, M. E.; CAMILLONI, I. A. Precipitation trends in southeastern South America: relationship with ENSO phases and with low-level circulation. **Theoretical and Applied Climatology**. v. 93, p. 19–33, 2008.

BESSAT, F. A mudança climática entre ciência, desafios e decisões: olhar geográfico. **Revista Terra Livre**, São Paulo, v. 1, n. 20, p. 11-26, jan/jul. 2003.

BEU, C. M. L; AMBRIZZI, T. **Variabilidade interanual e intersazonal da frequência de ciclones no Hemisfério Sul**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 21, n.1, 44-55, 2006.

BEREZUK, A. G. A **Discussão da questão climática e ambiental segundo Lenoir**. Formação (Presidente Prudente), Presidente Prudente, v. 12, p. -, 2006.

BIGARELLA, J. J. **Contribuição ao estudo da planície Litorânea do Estado do Paraná**. Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas. Jubilee Volume (1946-2001): PP. 65-110, dezembro de 2001 – ISSN 1516-8913.

BITENCOURT, D.P.; QUADRO, M.F.L.; CALBETE, N.O. **Análise de dois casos de ressaca no litoral da Região Sul no Verão de 2002**. XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz do Iguaçu/PR, 2002.

BORSATO, V. A. **A participação dos sistemas atmosféricos atuantes na bacia do Alto Rio Paraná no período de 1980 a 2003**. 2006. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Nupélia, UEM: Maringá.

BRITTO, F. P. et al. **Regionalização sazonal e mensal da precipitação pluvial máxima no estado do Rio Grande do Sul**. Revista brasileira de climatologia, 2006 – v.2, p. 35-52.

BRITTO, F.P. **Distribuição Espaço-temporal da precipitação pluvial no estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado, UFSC, 2004.

BRANDÃO, A. M. P. M.; LUCENA, A. J. Tendência do clima no Centro-Sul das normais climatológicas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA. MUDANÇAS GLOBAIS E ESPECIFICIDADES CLIMÁTICAS REGIONAIS E LOCAIS: AVANÇOS E DESAFIOS DA CLIMATOLOGIA CONTEMPORÂNEA, 5, 2002, Curitiba. [CD ROM].

CAMARGO, C. G. C.; MARENGO, J. **Variabilidades e tendências climáticas dos extremos de temperatura na Região Sul do Brasil**. 2004. 210 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos.

CAMPOS, C.; ALVES, R.; BRAGA, H. J. Mudanças climáticas atuais e seus impactos no Estado de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v. 19, p. 31-35, 2006.

CARVALHO, M. S., *et al.* **Conceitos básicos de sistema de informação geográfica e cartografia aplicados à saúde**. Brasília: Organização Pan-americana de Saúde / Ministério da Saúde, 2000.

CALBETI, N.O. ; ROZANTE, J.R. ; LEMOS, C.F. **Precipitações intensas ocorridas no período de 1986 a 1996 no Brasil**. Boletim Climanálise/CPTEC, 1997.

CALHEIROS, R. V.; SILVA DIAS, P. L. Como prever melhor. **Climanálise**, v. 3, p. 31-32, fev. 1988.

CAVALCANTI, I. F. A.; KOUSKY, V. E. **Frentes frias sobre o Brasil**. In: Cavalcanti, I. F. A.; Ferreira, N. J.; Justi da Silva, M. G. A.; Silva Dias, M. A. F. (Eds.) Tempo e clima no Brasil. São Paulo, Oficina de Textos. 2009. p.135-148.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICS – CPTEC. El Niño e La Niña, 2009. Acesso em 05/01/2009.

CERA, J. C. ; FERRAZ, S. E. T. . **Tendência da precipitação para a Região Sul do Brasil para três períodos de estudo**. Ciência e Natureza, v. 1, p. 359-362, 2011.

CHAVES, P. T. Org. **O mar no espaço geográfico brasileiro**. Brasília : Ministério da Educação, 2005. 304 p. (Coleção explorando o ensino, v. 8).

CONTI, J.B. **Considerações sobre as mudanças climáticas globais**. Revista do Departamento de Geografia, 16 (2005), 70-75.

CONTI, J. B. . Mudanças Climáticas Atuais e suas Implicações. In: IX Semana de Geografia da UEPG - **IV Jornada Científica de Geografia**, 2002, Ponta Grossa (PR). Natureza, Espaço e Política - Uma abordagem questões sociais-Boletim de Resumos. Ponta Grossa (PR) : Universidade Estadual de Ponta Grossa (PR), 2002. p. 9-13.

COMITÊ INTERMINISTERIAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA. Plano nacional sobre mudança do clima – PNMC, 132 pgs. Brasília, 2008.

COORDENADORIA ESTADUAL DE DEFESA CIVIL DO PARANÁ. Desastres – ocorrências por municípios. Acesso em 22/05/2008.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em Geografia**. São Paulo: Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.

CPTEC/INPE.– **CLIMANALISE**: Boletim de Monitoramento e Análise Climática, Cachoeira Paulista, [on line]. Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise>. Acessado em 05/03/2008.

DANNI-OLIVEIRA, I.M. ; MENDONÇA, F. **Análise rythmique des types de temps : Une approche climatique en échelle temporelle détaillée**. Anais : XVII Colloque International de Climatologie. CAEN, França – 2004.

DIAS, M.A.F.S et al. **As incertezas regionais nos cenários de mudanças climáticas globais**. Boletim da Sociedade brasileira de meteorologia - Desafios associados às mudanças climáticas. v. 30, n. 4, abril 2007, sbmet.

GONÇALVES, E. F.; MOLLERI, Gustavo. S. F. **Estiagem**. Atlas de Desastres Naturais do Santa Estado de Santa Catarina, 2005.

GRIMM, A.M. et al. **Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events**. J. Climate, 1998 – v.11, 2863-2880.

GRIMM, A. M. ; SANT'ANNA, C. L. S. **Influência de fases extremas da oscilação sul sobre a intensidade e frequência das chuvas no sul do Brasil**. A meteorologia Brasileira além do ano 2000. SBMET – CD-ROM 2000, p. 1101-1108.

GRIMM, A.M.; PSCHIEDT, I. **Padrões atmosféricos associados a eventos severos de precipitação no sul do Brasil durante El Niño, La Niña e anos neutros**. XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Fortaleza/CE, 2004.

GRIMM, A. M.; PATSKO, C. H.; FEUSER, V. R. **Identificação de Anomalias de Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico Relacionadas com Anomalias de Precipitação na Região Sul do Brasil**. In: IX Congresso Brasileiro de Meteorologia. Campos do Jordão. São Paulo, 1996. **Anais...** São Paulo, 1996, pp. 284 - 289.

GUTJAHR, M.R. **Considerações sobre desastres naturais e desastres climáticos**. Instituto Geológico/SMA/SP, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Classificação climática do Brasil**. Rio de Janeiro, 1998.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas Geográfico**. Rio de Janeiro, 2002.

INSTITUTO TECNOLÓGICO SIMEPAR. **Imagens de satélites (acervo)**. Curitiba, 2006.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2014: the scientific basis**. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. 881 p.

KAYANO, M. T.; SANSÍGOLO, C. **Interannual to decadal variations of precipitation and daily maximum and daily minimum temperatures in southern Brazil**. Theoretical and **Applied Climatology**, v.97, p.81–90, 2009.

KÖPPEN W. Classificação climática do Brasil, 1928.

MAACK, R. **Geografia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: CODEPAR, 1981. 329p.

MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H. Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no Estado do Paraná. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 58, n.5, p. 593-602, set/out, 2011.

MITASOVA, H., MITAS, L. [Interpolation by regularized spline with tension: I. Theory and implementation](#) - Mathematical geology, 1993

MONTEIRO, M. A.; FURTADO, S. M. de A. *O clima no trecho Florianópolis – Porto Alegre: uma abordagem dinâmica*. Revista do Departamento de Geociências – GEOSUL, Florianópolis: Editora da UFSC, n. 19/20, p. 116 – 133, 1º e 2º semestre de 1995.

MONTEIRO, C. A. F. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática (Algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil Meridional). **Revista geográfica**, Rio de Janeiro: IBGE, v.31, n.57, p.29-44, 1962.

\_\_\_\_\_. In. **Grande região Sul**, Rio de Janeiro: IBGE, 1968. v.4, t.1, p.114-166.

\_\_\_\_\_. Sobre a análise geográfica de seqüências de cartas do tempo (Pequeno ensaio metodológico sobre o estudo do clima no escopo da Geografia). **Revista Geográfica**, XXXII (58). Rio de Janeiro, IPGH, 1963. p. 169-179.

\_\_\_\_\_. **O estudo Geográfico do Clima**. Cadernos Geográficos, UFSC. Florianópolis, ano. 1 n .1, maio de 1999.

\_\_\_\_\_. **A Frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil**. Contribuições metodológicas à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil. USP, instituto de Geografia, 1969.

\_\_\_\_\_. Análise Rítmica em Climatologia. In: **Boletim de Geociencias**. São Paulo: USP, 1971.

MONTEIRO, M.A. **Dinâmica atmosférica e caracterização dos tipos de tempo na bacia hidrográfica do Rio Araranguá**, Tese de Doutorado, UFSC, 2007

MENDONÇA, F ;DANNI-OLIVEIRA, I.M. **Climatologia: Noções básicas e clima do Brasil**. Ed. Contexto. Curitiba, 2007.

MENDONÇA, F. **Clima e criminalidade**: Ensaio analítico da correlação entre a criminalidade urbana e a temperatura do ar. Curitiba/PR: Editora da UFPR, 2002.

\_\_\_\_\_. A tipologia climática – Gênese, características e tendências. STIPP N. A. F. *et. al.* (Org.) **Macrozoneamento ambiental da bacia hidrográfica do rio Tibagi/PR**. Londrina; Ed. UEL, 2000.

\_\_\_\_\_. **Cortejo de catástrofes acompanha manifestação do El Niño**. Revista PANGAEA MUNDO – Outubro/1997.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Macrodiagnóstico da Zona Costeira do Brasil na Escala da União/MMA. UFRJ, FUJB, LAGET. – Brasília: Programa Nacional do Meio Ambiente, 1996. 280p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano nacional de gerenciamento Costeiro. Brasília, 1998.

MARENGO, J.A. **Desafios associados às mudanças climática**. Boletim da sociedade brasileira de meteorologia, s, v. 30, n. 4, abril 2007.

MOLION, L.C.B. ; BARRETO, N.J.C. ; SOUSA, A.J.S. **Variabilidade da Alta da Bolívia e relações com oscilação decadal do Pacífico**. II Simpósio Internacional de Climatologia da SBMET. São Paulo, 2007.

MOLION, L.C.B. **Aquecimento global, El niños, manchas solares, vulcões e oscilação decadal do Pacífico**. Revista Climanálise, ano 03 – n. 01, 2005.

NASCIMENTO JUNIOR, L. Aspectos observacionais das teleconexões climáticas no contexto da variabilidade. Dissertação de Mestrado – UNESP/SP, 2013.

NERY, T.J.; VARGAS, M.W. Estudo climático da precipitação do Brasil Meridional. Tese de doutorado – Revista Unimar, 1996;

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1989 - RJ; 421 p.

NOBRE, C. **Desafios associados às mudanças climáticas**. Boletim da Sociedade brasileira de meteorologia,. v. 30, n. 4, abril 2007, sbmet.

NOGAROLLI, M. **Evolução climática do estado do Paraná – 1970-1999**. Dissertação de mestrado, UFPR – 2006.

NUNES, L.H. **Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global**. *Revista Terra Livre*. São Paulo, Ano 19, vol.1, nº20, p.101-110, jan/jul.2003

OMM/IPCC. Painel Intergovernamental sobre mudança do clima. **4º relatório de avaliação**, 2007.

OLIVEIRA, G. S. **El Niño / La Niña**. Tópicos em Meio Ambiente e Ciências Atmosféricas. INPE, 2005.

OBREGÓN, G. O. ; NOBRE, C. A. ; MARENGO, J. A. ; OLIVEIRA, G. S. **Tendências e Oscilações da precipitação sobre o Brasil**. III Conferência Regional sobre Mudanças Globais: América do Sul. São Paulo, 2007.

OBREGÓN, G.O.; MARENGO, J.A. **Caracterização do Clima no Século XX no Brasil: tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas**. Relatório 2. CPTEC/INPE, 2007.

PAULA, E.V. **Dengue: uma análise climato-geográfica de sua manifestação no estado do Paraná (1993-2003)**. Dissertação de Mestrado, Geografia/UFPR, 2005.

Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas. **Base científica das mudanças climáticas**. COPPE/RJ, 2015

PENALBA, O.C.; ROBLEDO, F. A. Spatial and temporal variability of the frequency of extreme daily rainfall regime in the La Plata Basin during the 20th century. **Climatic Change**, v. 98, p.531–550, 2010.

- PETTITT A. N. (1979). A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem. *Applied Statistics*, 28, 126- 135.
- PEAGLE, J.N.; BERBERY, E.H. Low-level jets over the Americas. **CLIVAR Exchanges**, Southhampton, v.5, n. 16, p. 1-4, 2000.
- PINHEIRO, A.; GRACIANO, R.; SEVERO, D. **Tendência das séries temporais de precipitação da Região Sul do Brasil**. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.28, n.3, 281 - 290, 2013
- REBOITA, M. S. **Introdução à Estatística aplicada à Climatologia**. USP, 2005 – projeto PAE, 20 pgs.
- RIBEIRO, G. ; SARAIVA, J.M.B. **Climatologia dos ciclones marítimos na costa Sul brasileira**. XIV Simpósio Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis/SC, 2006.
- RODRIGUES, M.L.G.; FRANCO, D.; SUGAHARA, S. **Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina**. *Revista brasileira de Geofísica* – 2004, p. 135-151.
- ROMERO, H.; MENDONÇA, M. Ameaças naturais e avaliação subjetiva na construção da vulnerabilidade social diante de desastres naturais no Chile e Brasil. *Revista Interthesis* – 2012, vol. 9 – n.1.
- ROSSATO, M.S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. Tese de Doutorado, UFRGS – Porto Alegre, 2011.
- SANTOS, M. **A natureza do espaço: técnica e tempo, razão e emoção**. São Paulo: Hucitec, 1999.
- SANT'ANNA NETO, J. L. **História da climatologia no Brasil**. Cadernos Geográficos: Florianópolis, UFSC, n. 7 maio 2004.
- SANSIGOLO, C. A. ; PEREIRA, C. S. ; SILVA, I. R. . Relações entre as precipitações regionais no Sul do Brasil e as temperaturas da superfície dos oceanos Atlântico e Pacífico. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 5-11, 2004.
- SERRA, A. B. **Mudanças Climáticas**. *Revista Brasileira de Meteorologia*; 1987; vol.2, 101-105.
- SERRA, A. Anos secos e chuvosos no Rio Grande do Sul. **Boletim Geográfico, IBGE**, Rio de Janeiro, n. 212, ano 28 – 1969.
- SILVA, I. R. **Variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região Sul do Brasil, associadas às temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico**. Dissertação de Mestrado. INPE – 2001.
- SILVA, F. D. dos S.; FERREIRA, D. B.; SARMANHO, G. F.; SANTOS, L. S. F. C. dos; FORTES, L. T. G.; PARENTE, E. G. P. **Tendência de alterações climáticas da precipitação observadas no Brasil de 1961 a 2008 utilizando dados gradeados**. In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Anais... Belém, 2010.
- SORRE, M.A. Adaptação ao meio climático e biossocial – geografia psicológica. In: MEGALE, J.F. (Org.) **Max Sorre**. São Paulo: Ática, 1984.



SORRE, M. **Traité de climatologie biologique et medicale**. M. Piery Masson et Cie Éditeurs. Vol. I, p. 1 a 9. Traduzido por CONTI, J.B. FFLCH/USP. Revista do Dpto. De Geografia, 18 (2006) 89-94.

SUGAHARA, S. **Variação Anual da Frequência de Ciclones no Atlântico Sul**. A Meteorologia Brasileira além do ano 2000.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH; UFRGS, 2005.

TRIOLA, M. F., 1998. *Introdução à Estatística*. 7º Ed., LTC, Rio de Janeiro, RJ.

VELASCO, I.; FRITSCH, J.M. Mesoscale convective complexes in the Americas. **Journal of Geophysical Research**, Washington, v. 92, p. 9591-9613, 1987.

VIANELO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa: UFV, 2000

VAREJÃO-SILVA, M. A. **Meteorologia e Climatologia** Brasília: INMET, Editora Pax, 2001.

## ANEXOS:

## ESTAÇÕES SELECIONADAS:

LAT	LON	CODIGO	estação	LAT	LON	CODIGO	estação
-22,7833	-49,9333	2249028	RIBEIRÃO DO SUL	-23,5167	-51,2331	2351035	SÃO LUIZ
-22,8972	-50,0211	2250024	PORTO JAÚ	-23,6500	-51,3500	2351037	CALIFORNIA
-22,8511	-50,8744	2250028	PARANAGI	-23,7500	-51,0267	2351040	FABRICA DE PAPELÃO (SERRARIA)
-22,9597	-50,7711	2250030	CAMPO ALEGRE	-23,9831	-51,0831	2351041	BAIRRO TRÊS VENDAS
-22,9500	-50,6497	2250031	TRÊS CANTOS (DESPEDIDA)	-23,6628	-51,6025	2351043	CRUZEIRO
-22,9722	-50,4789	2250032	SÃO JOAQUIM DO PONTAL	-23,4839	-51,9056	2351044	VALE AZUL (EST. JAGUARAUNA KM18)
-22,9653	-50,2661	2250033	NOSSA SENHORA APARECIDA	-23,4000	-51,8739	2351045	GUAIPO
-22,9831	-50,0000	2250035	FAZENDA FLORA	-23,4000	-51,4333	2351048	ARAPONGAS
-22,7547	-51,3739	2251023	PORECATU	-23,1831	-51,8331	2351050	IGUARAÇU
-22,8981	-51,8881	2251033	ALTO ALEGRE	-23,2372	-51,6614	2351051	ASTORGA
-22,7878	-51,7114	2251037	CAFEARA	-23,2000	-51,4500	2351053	SÃO MARTINHO
-22,7667	-51,2331	2251038	ALVORADA DO SUL	-23,3242	-52,6669	2352000	PORTO PARAÍSO DO NORTE
-22,8517	-51,0319	2251039	PRIMEIRO DE MAIO	-23,8167	-52,1833	2352002	QUINTA DO SOL
-22,6964	-51,7897	2251041	SANTO INÁCIO	-23,6769	-52,1186	2352010	PORTO BANANEIRAS
-22,6997	-51,6422	2251042	MAIRA	-23,8481	-52,0283	2352014	BELA VISTA DO IVAÍ
-22,8228	-51,5956	2251069	CENTENÁRIO DO SUL	-23,9067	-52,9547	2352026	CANAÃ
-22,1864	-52,7133	2252000	ANAUROLÂNDIA	-23,9108	-52,3361	2352029	PEABIRU
-22,5508	-52,0364	2252013	JARDIM OLINDA	-23,9944	-52,1961	2352030	SILVIOLÂNDIA
-22,6542	-52,8606	2252015	DIAMANTE DO NORTE	-23,8000	-52,6331	2352031	IGARITE
-22,6528	-52,5181	2252017	FAZENDA SANTO ANTÔNIO	-23,8331	-52,5000	2352032	TAQUARIMBÉ (BIDÃO)
-22,6608	-52,1331	2252019	FAZENDA GUANABARA	-23,8000	-52,3331	2352033	SALTINHO
-22,7667	-52,9831	2252020	NOVA LONDRINA	-23,7831	-52,2500	2352034	ENGENHEIRO BELTRÃO
-22,7306	-52,6164	2252022	TERRA RICA	-23,6731	-52,3806	2352035	MALU - TERRA BOA
-22,7311	-52,4464	2252023	CRISTO REI	-23,3636	-52,5239	2352036	PORTO SÃO CARLOS
-22,7331	-52,3500	2252024	SANTO ANTÔNIO DO CAIUA	-23,3239	-52,2994	2352037	FLORAI
-22,9500	-52,8000	2252025	FAZENDA NOVO MATÃO	-23,4042	-52,1958	2352038	OURIZONA
-22,8831	-52,5331	2252027	FAZENDA AURORA	-23,2219	-52,3497	2352039	IVAÍTINGA
-22,7950	-53,1592	2253008	LEONI	-23,6681	-52,9761	2352042	OURO VERDE
-22,9747	-53,3964	2253010	ICATU	-23,5667	-52,8500	2352043	BERNARDELLI
-22,9667	-53,2831	2253011	SANTA CRUZ DO MONTE CASTELO	-23,4828	-52,7014	2352044	INDIANÓPOLIS
-22,9331	-53,0331	2253013	FAZENDA ERECHIM	-23,4667	-52,5500	2352045	JAPURÁ
-23,9667	-48,9500	2348031	ITAPEVA	-23,3831	-52,9331	2352046	CIDADE GAUCHA
-23,5333	-49,2333	2349017	TAQUARITUBA	-23,3331	-52,7667	2352047	GUAPOREMA
-23,6333	-49,3167	2349018	CORONEL MACEDO	-23,1492	-52,9453	2352048	GAUCHINHA
-23,7219	-49,5558	2349023	OLARIA DOS PADRES ANA/CESP	-23,0228	-52,9217	2352050	PLANALTIMA DO PARANÁ
-23,5000	-49,8667	2349030	JOAQUIM TÁVORA	-23,0853	-52,7847	2352051	AMAPORÁ
-23,7667	-49,9500	2349033	TOMAZINA	-23,0831	-52,6667	2352052	DEPUTADO JOSÉ AFONSO
-23,2000	-49,7500	2349036	RIBEIRÃO CLARO	-23,5308	-52,3808	2352053	COPACABANA DO NORTE
-23,4139	-49,9808	2349059	CONSELHEIRO ZACARIAS	-23,5264	-52,0536	2352055	FLORIANO
-23,5456	-49,7469	2349060	PINTOS - NOVA BRASÍLIA	-23,0772	-52,9592	2352060	COMUR
-23,0853	-50,2856	2350002	ANDIRÁ	-23,6169	-52,1964	2352061	SÍTIO FLORESTA
-23,5000	-50,6500	2350006		-23,1831	-52,1831	2352062	NOVA ESPERANÇA
-23,3500	-50,6331	2350021	DOCTOR CLOVIS	-23,0067	-53,1889	2353001	SANTA ISABEL DO IVAÍ
-23,4778	-50,9369	2350035	VOLTA GRANDE	-23,9167	-53,1331	2353002	BALSA DO GOIO - ERE
-23,7806	-50,8142	2350037		-23,8500	-53,8831	2353003	ALTÔNIA
-23,6339	-50,4744	2350048		-23,7778	-53,0822	2353004	CRUZEIRO DO OESTE
-23,6311	-50,3097	2350049		-23,7342	-53,4864	2353005	XAMBRE
-23,5500	-50,4000	2350052		-23,9831	-53,1667	2353006	MARILUZ
-23,4500	-50,2331	2350053	JUNDIAÍ DO SUL	-23,0817	-53,4811	2353010	QUERÊNCIA DO NORTE
-23,9039	-50,5708	2350061		-23,7969	-53,6756	2353016	PÉROLA
-23,7000	-51,7667	2351004	BOM SUCESSO	-23,4386	-53,0161	2353017	SANTA MÔNICA
-23,4167	-51,9500	2351013	MARINGÁ	-23,6931	-53,9089	2353019	BAIRRO GURUCAIA
-23,9408	-51,5878	2351020	BORRAZÓPOLIS	-23,7167	-53,7131	2353020	PINDORAMA
-23,8642	-51,8583	2351023	SÃO PEDRO DO IVAÍ	-23,6167	-53,3667	2353022	SERRA DOS DOURADOS
-23,8167	-51,6667	2351024	KALORE	-23,6078	-53,2042	2353023	MARIA HELENA
-23,7639	-51,5069	2351025	ITACOLOMI	-23,4794	-53,7269	2353025	MARCO PRETO
-23,7639	-51,4108	2351026	RIO BOM	-23,5275	-53,4628	2353027	SANTA ELIZA
-23,8269	-51,2664	2351027	SÃO JOSÉ	-23,5486	-53,3211	2353028	VILA CARBONELA
-23,6500	-51,9831	2351028	ITAMBÉ	-23,4858	-53,0839	2353029	NOVA OLÍMPIA
-23,6097	-51,8600	2351029	SÃO MIGUEL DO CÂMBUI	-23,3831	-53,6167	2353031	ICARAIMA
-23,0661	-51,2611	2351031	PRATA	-23,3331	-53,4167	2353032	VENDA DO PAULO
-23,0500	-51,0331	2351032	SERTANÓPOLIS	-23,3667	-53,2831	2353033	DOURADINHA
-23,2831	-51,2831	2351033	CAMBÉ	-23,3197	-53,0700	2353034	TAPIRA

LAT	LON	CODIGO	estação	LAT	LON	CODIGO	estação
-23,1311	-53,2772	2353038	SÃO JOSÉ DO IVAÍ	-24,5694	-51,1531	2451043	BARRA BONITA
-23,1831	-53,0667	2353041	APARECIDA DO IVAÍ	-24,4167	-51,9333	2451044	NOVA TEBAS
-23,1869	-53,2014	2353044	NOVO PORTO TAQUARA	-24,3531	-51,6914	2451045	ALTO PORÃ
-23,9500	-53,9667	2353047	IGUAIPORA	-24,3667	-51,5000	2451046	ARIRANHA
-24,9333	-47,9500	2447040		-24,3167	-51,3000	2451047	RIO BRANCO DO IVAÍ
-24,1333	-48,9667	2448004	USINA SÃO JOSÉ	-24,1144	-51,7342	2451049	POUSO ALEGRE
-24,7167	-48,1167	2448024		-24,5650	-51,3314	2451051	CÂNDIDO DE ABREU
-24,7167	-48,7500	2448035	TATUPEVA	-24,7489	-52,7019	2452000	BALSA DO CANTU
-24,7564	-48,9681	2448037	FAZENDA BOA VISTA (CRICIUMA)	-24,6167	-52,9333	2452001	PONTE DO GOIO - BANG
-24,0500	-49,1000	2449001		-24,0472	-52,3675	2452007	CAMPO MOURÃO
-24,8000	-49,2833	2449006	BALSA DO CERRO AZUL	-24,4167	-52,1000	2452008	IRETAMA
-24,7500	-49,3333	2449007	TURVO	-24,5333	-52,9833	2452009	UBIRATÁ
-24,8167	-49,2667	2449008	CERRO AZUL	-24,1333	-52,7667	2452010	JANIÓPOLIS
-24,5292	-49,9289	2449011	PIRAÍ DO SUL	-24,5997	-52,8042	2452011	CAMPINA DA LAGOA
-24,9500	-49,3000	2449020	COSTAS	-24,8000	-52,7000	2452012	ALTAMIRA DO PARANÁ
-24,5669	-49,4194	2449021	DR. ULISSES	-24,2831	-52,5167	2452014	MAMBORE
-24,8500	-49,4667	2449023	SÃO SEBASTIÃO	-24,6000	-52,2667	2452015	RONCADOR
-24,9667	-49,0831	2449024	TUNAS	-24,8844	-52,2028	2452016	PALMITAL
-24,9375	-49,8242	2449026	ABAPÃ	-24,8858	-52,4739	2452019	LARANJAL
-24,7744	-49,7000	2449028	SOCAVÃO	-24,0906	-52,6214	2452029	FAROL
-24,6331	-49,6831	2449030	TABOR (FAZENDA MARÃO)	-24,3331	-52,9331	2452033	PRIMAVERA
-24,5003	-49,7264	2449032	CAPINZAL - PIRAI DO SUL	-24,4331	-52,5500	2452035	GUARANI
-24,3831	-49,5831	2449036	EDUARDO XAVIER DA SILVA	-24,3167	-52,6500	2452040	PENSAMENTO
-24,2458	-49,7167	2449040	JAGUARIAIVA	-24,5006	-52,2436	2452041	SANTO ANTÔNIO
-24,1000	-49,4667	2449044	SENGES	-24,5000	-52,0500	2452042	ALTO SÃO JOÃO (RONCADOR)
-24,0667	-49,6500	2449045	BARRA MANSA	-24,4167	-52,2000	2452044	MARILU
-24,9667	-49,4667	2449063	BALSA DO JACARÉ	-24,2347	-52,4025	2452045	RIO DA VÁRZEA
-24,5108	-50,4000	2450002	TIBAJI	-24,2831	-52,2667	2452046	LUIZIANA
-24,2094	-50,9244	2450008	ORTIGUEIRA	-24,2928	-52,0769	2452047	ÁGUA FRIA
-24,7667	-50,0667	2450013	CHACARA CACHOEIRA	-24,1667	-53,7333	2453000	BALSA SANTA MARIA
-24,9831	-50,2667	2450021	BOCAINA	-24,0147	-53,4397	2453008	ALTO PIQUIRI
-24,9500	-50,0000	2450024	CATANDUVA DE FORA (RONCA PORCO)	-24,2000	-53,3333	2453009	PORTO FORMOSA
-24,6831	-50,3000	2450025	FAZENDA SÃO CARLOS (SABÃO)	-24,2831	-53,3167	2453010	FORMOSA DO OESTE
-24,6331	-50,1331	2450026	COLÔNIA IAPÓ	-24,8000	-53,3000	2453012	CORBELIA
-24,3667	-50,1000	2450031	GUARICANGA - PIRAI DO SUL	-24,6333	-53,1000	2453013	SALTO SAPUCAÍ
-24,2167	-50,2331	2450034	VENTANIA	-24,8831	-53,0667	2453014	PONTE TOURINHO - BRAGANEY
-24,2586	-50,0839	2450036	FAZENDA REDOMONA	-24,1933	-53,0319	2453016	GOIOERÊ
-24,4919	-50,8186	2450040	JOSÉ LACERDA	-24,7753	-53,9017	2453026	OURO VERDE DO OESTE
-24,0333	-50,0833	2450048	CARATUVA	-24,7722	-53,6425	2453027	BOM PRINCÍPIO
-24,6689	-50,9350	2450050	BARREIRO	-24,6200	-53,9261	2453028	DOIS IRMÃOS
-24,4167	-50,9667	2450052	RIO NOVO	-24,6111	-53,6142	2453030	BRAGANTINA
-24,8667	-50,6500	2450054	CERRO AZUL	-24,5731	-53,3800	2453037	PALMITÓPOLIS
-24,8333	-51,1500	2451003	TEREZA CRISTINA	-24,4167	-53,8167	2453047	VILA MARIAPÁ
-24,1000	-51,4833	2451006	PORTO MONTEIRO	-24,3919	-53,9325	2453048	ALTO SANTA FÉ
-24,9333	-51,8833	2451010	SANTA MARIA DO OESTE	-24,1983	-53,5256	2453050	BRASILÂNDIA DO SUL
-24,7500	-51,7667	2451013	PITANGA	-24,0831	-53,9500	2453052	RIO BONITO
-24,2500	-51,6500	2451014	IVAIPORÃ	-24,9628	-53,2439	2453056	SÃO JOÃO DO OESTE
-24,5167	-51,6667	2451015	MANOEL RIBAS	-24,6925	-54,2325	2454003	ENTRE RIOS DO OESTE
-24,3500	-51,4167	2451017	PORTO ESPANHOL	-24,6481	-54,2983	2454004	PORTO BRITÂNIA
-24,0167	-51,9500	2451020	BARBOSA FERRAZ	-24,1667	-54,1000	2454006	TERRA ROXA DO OESTE
-24,7792	-51,9544	2451021	BARRA GRANDE	-24,9772	-54,0000	2454011	SÃO SEBASTIÃO DO OESTE
-24,2500	-51,5333	2451022	JACUTINGA	-24,7789	-54,2394	2454012	SÃO CLEMENTE
-24,1833	-51,4333	2451023	RIBEIRÃO BONITO	-24,4500	-54,1667	2454015	NOVA MERCEDES
-24,6167	-51,8333	2451026	ARROIO GRANDE	-24,3167	-54,2167	2454016	RANCHO ALEGRE
-24,9083	-51,6578	2451027	CARAZINHO	-24,9061	-54,2014	2454018	PONTE QUEIMADA
-24,9333	-51,6333	2451028	BOA VENTURA DE SÃO ROQUE	-25,4667	-48,8333	2548000	MORRETES
-24,9167	-51,3667	2451029	FAXINAL DA BOA VISTA	-25,1697	-48,8794	2548001	PRAIA GRANDE
-24,7592	-51,6219	2451032	RIO DO SUSTO (CASCATA)	-25,2333	-48,7500	2548003	COLÔNIA DO CACHOEIRA
-24,8331	-51,2831	2451034	JACIABA	-25,0833	-48,6000	2548036	POSTO FISCAL - KM 309
-24,8592	-51,0089	2451035	BAIRRO DA IMBUÍ	-25,0833	-48,8333	2548040	RESERVATÓRIO CAPIVARI - JUSANTE - 396
-24,6411	-51,7581	2451036	BOM RETIRO	-25,4925	-48,9939	2548041	MANANCIAIS DA SERRA
-24,6167	-51,2667	2451038	FAXINAL DE CATANDUVAS	-25,0831	-48,2167	2548042	RIO GUARAQUEÇABA
-24,6831	-51,0331	2451039	LARANJEIRAS	-25,2331	-48,4167	2548043	BANANAL

LAT	LON	CODIGO	estação	LAT	LON	CODIGO	estação
-25,2000	-48,4667	2548044	PASSO DO VAU	-25,3000	-51,4333	2551034	INVERNADINHA
-25,3831	-48,8667	2548047	SÃO JOÃO DA GRACIOSA	-25,2667	-51,2500	2551035	CAMPO DE DENTRO
-25,5967	-48,6247	2548049	COLÔNIA SANTA CRUZ	-25,8000	-51,8500	2551037	PEDRO LUSTOSA
-25,8128	-48,9236	2548052	ILHA DO RIO CLARO	-25,3797	-51,0828	2551038	TIJUCO PRETO
-25,4333	-48,7667	2548068	ANTONINA	-25,2833	-51,1000	2551039	RELÓGIO
-25,9500	-49,3931	2549003	RIO DA VÁRZEA DOS LIMA	-25,0406	-51,5442	2551040	TURVO
-25,4500	-49,0667	2549004	PIRAQUARA	-25,1500	-51,0667	2551043	VILA ESPERANÇA
-25,4333	-49,2667	2549006	CURITIBA	-25,4483	-52,9044	2552000	QUEDAS DO IGUAÇU (CAMPO NOVO)
-25,5167	-49,1500	2549017	FAZENDINHA	-25,7739	-52,9328	2552001	ÁGUAS DO VERE - 396
-25,4667	-49,5667	2549019	ITAQUI	-25,4839	-52,2183	2552005	CAVERNOSO I RESERV. - MONT.
-25,6800	-49,5364	2549040	CONTENDA	-25,0833	-52,8833	2552006	GUARANIÇU
-25,3500	-49,5167	2549045	BATEIAS	-25,4000	-52,4167	2552007	LARANJEIRAS DO SUL
-25,2333	-49,6333	2549047	TRÊS CÔRREGOS	-25,1122	-52,2583	2552008	MARQUINHOS
-25,2911	-49,5183	2549048	OURO FINO DE BAIXO	-25,3000	-52,5333	2552010	NOVA LARANJEIRAS
-25,2000	-49,1167	2549051	BOCAIUVA DO SUL	-25,2225	-52,4311	2552019	CAMPO VERDE (FAXINAL DOS ÍNDIOS)
-25,1333	-49,9000	2549052	ITAIACOCA	-25,8000	-52,0167	2552022	RESERVA DO IGUAÇU
-25,1331	-49,5500	2549053	ERVALZINHO	-25,6978	-52,1967	2552023	CACHOEIRA
-25,0653	-49,1236	2549054	SANTA CRUZ - TIGRE	-25,5511	-52,1069	2552025	PASSO GRANDE
-25,0000	-49,6500	2549056	PINHEIRINHO	-25,1997	-51,9908	2552026	GOIOXIM
-25,8000	-49,8828	2549059	PEDRA ALTA	-25,8500	-52,7333	2552029	SÃO JOÃO DO OESTE
-25,8642	-49,5128	2549061	QUITANDINHA	-25,8500	-52,5167	2552030	CHOPINZINHO
-25,7764	-49,3244	2549062	MANDIRITUBA	-25,8167	-52,4167	2552031	BUGRE
-25,7833	-49,1500	2549063	RINCÃO	-25,7275	-52,5028	2552033	SÃO LUIZ DO OESTE
-25,4333	-49,8167	2549065	COLÔNIA WITMARSUM	-25,7167	-52,3833	2552034	BAIA
-25,2000	-50,9333	2550000	RIO DOS PATOS	-25,4897	-52,5322	2552036	RIO BONITO DO IGUAÇU
-25,8756	-50,3894	2550001	SÃO MATEUS DO SUL	-25,5167	-52,4000	2552037	PORTO BARREIRO
-25,1333	-50,1500	2550003	SANTA CRUZ	-25,4222	-52,8367	2552038	ESPIGÃO ALTO DO IGUAÇU
-25,9522	-50,6792	2550005	RIO CLARO DO SUL (EUFROZINA)	-25,3856	-52,7700	2552039	SÃO ROQUE
-25,0167	-50,8500	2550006	IVAÍ	-25,3806	-52,2006	2552040	VIRMOND
-25,3167	-50,0000	2550015	USINA MANOEL RIBAS	-25,3667	-52,1167	2552041	CANTAGALO
-25,0667	-50,3833	2550016	UVAIA	-25,9406	-52,8250	2552042	ITAPEJARA DO OESTE
-25,9500	-50,5667	2550017	PONTILHÃO FERRARIA	-25,9339	-52,7111	2552043	VISTA ALEGRE
-25,6972	-50,0131	2550028	PEDRA LISA	-25,9833	-52,5667	2552044	CORONEL VÍVIDA
-25,4667	-50,7833	2550029	GONÇALVES JUNIOR	-25,7167	-52,9167	2552045	IOLÓPOLIS
-25,7000	-50,5167	2550035	TURVO	-25,3928	-52,9644	2552046	LINHA MIRIM
-25,6219	-50,2003	2550037	GUAICA	-25,2114	-52,6517	2552047	VILA GUARANI
-25,6167	-50,7000	2550038	REBOUÇAS	-25,5667	-53,1333	2553004	CRUZEIRO DO IGUAÇU I
-25,4750	-50,2981	2550041	VIEIRAS	-25,8333	-53,7500	2553005	PÉROLA DO OESTE
-25,4953	-50,0764	2550042	MANDACAIÁ	-25,7767	-53,3108	2553007	SALTO DO LONTRA
-25,3333	-50,7667	2550043	APIABA	-25,1331	-53,8500	2553009	CÉU AZUL
-25,3667	-50,4667	2550045	TEIXEIRA SOARES	-25,8167	-53,5000	2553010	SANTA IZABEL DO OESTE
-25,2375	-50,6006	2550048	IMBITUVA	-25,9167	-53,4833	2553012	AMPERE
-25,0333	-50,7833	2550052	BOM JARDIM DO SUL	-25,5831	-53,9831	2553014	PORTO MOISES LUPION
-25,4667	-50,9833	2550053	ITAPARA	-25,1667	-53,3667	2553016	NELSON TABORDA
-25,1500	-50,9833	2550055	SALTINHO	-25,1000	-53,0667	2553019	IBEMA
-25,0167	-50,8500	2550056	IVAÍ	-25,3064	-53,8731	2553020	FLORIANO
-25,2000	-50,8000	2550057	GUAMIRANGA	-25,0661	-53,8822	2553022	VERA CRUZ DO OESTE
-25,4500	-51,4500	2551000	GUARAPUAVA	-25,4833	-53,6167	2553024	CAPITÃO LEONIDAS MARQUES
-25,6942	-51,2025	2551001	LEONÓPOLIS	-25,3944	-53,3847	2553026	FLOR DA SERRA
-25,5500	-51,4833	2551008	COLÔNIA VITÓRIA	-25,4000	-53,5667	2553028	SANTA LÚCIA
-25,1092	-51,8064	2551009	CAMPINA DO SIMÃO	-25,3500	-53,5500	2553029	LINHA SANTA CATARINA
-25,6297	-51,0878	2551011	COLÔNIA DALEGRAVE	-25,4167	-53,1833	2553030	TRÊS BARRAS DO PARANÁ
-25,5667	-51,0667	2551014	INÁCIO MARTINS	-25,1500	-53,6167	2553033	BOI PRETO
-25,9439	-51,2622	2551017	SANTANA	-25,1331	-53,3167	2553035	RIO DO SALTO
-25,9031	-51,1044	2551018	PÁTIO VELHO (PINARÉ)	-25,9500	-53,8333	2553036	NOVA ESPERANÇA
-25,8500	-51,7667	2551019	SANTA CRUZ	-25,9500	-53,6167	2553037	TRÊS IRMÃOS
-25,8075	-51,2886	2551022	MADEIREIRA GAVAZZONI	-25,7697	-53,6644	2553038	SÃO VALÉRIO
-25,8167	-51,1000	2551023	FAZENDA ZANIOLO	-25,6667	-53,6833	2553039	SAGRADA FAMÍLIA
-25,6500	-51,6667	2551024	PINHÃO	-25,2000	-53,1333	2553040	CATANDUVAS
-25,7331	-51,5167	2551025	ZATARLÂNDIA (BOM RETIRO)	-25,2167	-53,0500	2553041	TORRA ALTA
-25,5667	-51,2500	2551026	CAMPINA BONITA	-25,9331	-53,1697	2553044	ENEAS MARQUES
-25,5500	-51,5500	2551027	COLÔNIA SOCORRO	-25,8875	-53,0825	2553046	PINHALZINHO
-25,2500	-51,5500	2551033	PALMEIRINHA	-25,6831	-53,4667	2553047	ALTO UNIÃO



LAT	LON	CODIGO	estação	LAT	LON	CODIGO	estação
-25,5419	-53,5067	2553051	SALTO CAXIAS - jus - L1	-26,0717	-52,0925	2652026	BUTIA
-25,6822	-53,0167	2553052	FLOR DA SERRA	-26,1272	-52,1839	2652027	CACHOEIRA - GENEROSO
-25,6831	-54,4331	2554002	SALTO CATARATAS	-26,4003	-52,8956	2652031	SÃO LOURENÇO DO OESTE
-25,2400	-53,9753	2554005	MATELÂNDIA	-26,0833	-52,5167	2652032	GRAMADOS
-25,3458	-54,2442	2554006	SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	-26,2311	-52,5967	2652033	PASSO DA ILHA
-25,4408	-54,4031	2554012	SANTA TEREZINHA DE ITAIPU	-26,2692	-53,6275	2653002	DIONÍSIO CERQUEIRA
-25,4500	-54,3167	2554013	SANTA ELIZA	-26,7753	-53,0464	2653003	MODELO
-25,4133	-54,0372	2554018	JARDINÓPOLIS	-26,6828	-53,2867	2653004	PONTE DO SARGENTO
-25,0872	-54,2481	2554020	MISSAL	-26,4650	-53,4536	2653005	SÃO JOSÉ DO CEDRO
-25,0453	-54,0556	2554023	FAZENDA RAMI	-26,9289	-53,0075	2653007	SAUDADES
-25,1094	-54,3997	2554025	ITACORA (ESQUINA GAUCHA)	-26,3553	-53,2781	2653013	PALMA SOLA
-26,5617	-48,7192	2648020	ITAPOCU	-26,1167	-53,6500	2653014	MARCIANÓPOLIS
-26,0356	-48,8500	2648027	GARUVA	-26,0833	-53,2000	2653015	LINHA GAUCHA
-26,7356	-49,1703	2649002	POMERODE	-26,0644	-53,3622	2653016	SÃO SEBASTIÃO DA BELA VISTA
-26,8297	-49,2719	2649004	TIMBÓ NOVO	-26,1122	-53,4633	2653017	GUABIJU
-26,1000	-49,8000	2649006	RIO NEGRO	-26,2333	-53,2000	2653019	RIO VERDE
-26,9181	-49,0653	2649007	BLUMENAU	-26,1833	-53,3833	2653020	SALGADO FILHO
-26,7408	-49,2706	2649008	ARROZEIRA	-26,2167	-53,4833	2653021	SIQUEIRA BELO
-26,7931	-49,0833	2649010	ITOUVA CENTRAL	-26,3781	-53,0447	2653022	FAXINAL DO CAMPO ERE
-26,4239	-49,2925	2649013	CORUPÁ (HANSA)	-26,3333	-53,2167	2653023	RINCÃO DO CAPETINGA
-26,2161	-49,6033	2649016	RIO PRETO DO SUL	-26,1525	-53,0183	2653024	MARMELEIRO
-26,7172	-49,4831	2649017	DOUTOR PEDRINHO	-27,1006	-48,9178	2748000	BRUSQUE
-26,1547	-49,3806	2649018	FRAGOSOS	-27,4142	-48,9528	2748001	MAJOR GERCINO
-26,5306	-49,8436	2649054	MOEMA	-27,2856	-48,9333	2748002	NOVA TRENTO
-26,4194	-49,5731	2649055	CORREDEIRA	-27,4892	-48,9881	2748003	GARCIA DE ANGELINA
-26,3328	-49,9272	2649056	ITAÍÓPOLIS	-27,5169	-48,7694	2748016	ANTÔNIO CARLOS
-26,1864	-49,2733	2649057	CAMPO ALEGRE	-27,9561	-48,6764	2748017	PAULO LOPES
-26,6975	-49,8281	2649058	BARRA DO PRATA	-27,9011	-48,9244	2748018	SÃO BONIFÁCIO
-26,3706	-50,2908	2650000	SALTO CANOINHAS	-27,3186	-48,5631	2748019	GOVERNADOR CELSO RAMOS
-26,0192	-50,5925	2650006	FLUVIÓPOLIS	-27,0381	-49,3950	2749000	APIUNA - RÉGUA NOVA
-26,3839	-50,8783	2650008	SANTA CRUZ DO TIMBÓ	-27,0539	-49,5167	2749001	IBIRAMA
-26,7103	-50,2908	2650015	RESIDENCIA FUCK (LAJEADINHO)	-27,0342	-49,5897	2749005	NOVA BREMEN
-26,5558	-50,6011	2650016	BURITI (TIMBÓ GRANDE)	-27,2572	-49,9408	2749006	POUSO REDONDO
-26,3514	-50,6456	2650018	PINHEIROS	-27,9964	-49,1147	2749012	DIVISA DE ANITÁPOLIS
-26,9300	-50,6881	2650019		-27,2903	-49,7689	2749013	TROMBUDO CENTRAL
-26,2281	-51,0803	2651000	UNIÃO DA VITÓRIA - 396	-27,3972	-48,9800	2749015	FAZENDA BOA ESPERANÇA
-26,8733	-51,7964	2651001	CAMPINA DA ALEGRIA	-27,0403	-49,3814	2749016	NEISSE CENTRAL
-26,3867	-51,2719	2651003	JANGADA DO SUL - 396	-27,6725	-49,0061	2749020	RANCHO QUEIMADO
-26,1667	-51,2167	2651004	PORTO VITÓRIA (rio espingarda)	-27,3925	-49,3656	2749033	VIDAL RAMOS
-26,0306	-51,1419	2651005	PALMITAL DO MEIO (ex. Fazenda Maracana) - 396	-27,5075	-49,2875	2749034	LEOBERTO LEAL
-26,6331	-51,3331	2651010	SERRARIA SÃO SEBASTIÃO - INDUBRAS	-27,7464	-49,9450	2749035	BOCAINA DO SUL
-26,1906	-51,2978	2651013	COLÔNIA AUGUSTO LOUREIRO	-27,9222	-50,0992	2750007	PAINEL
-26,0500	-51,2000	2651016	SALTO DO VAU	-27,5417	-50,8569	2750008	PASSO CARU
-26,1500	-51,4000	2651020	SANTO ANTÔNIO DO IRATIM	-27,3339	-50,7533	2750009	PASSO MAROMBAS
-26,1167	-51,5667	2651023	LINHA SANTA MARIA	-27,1611	-50,4689	2750010	PONTE ALTA DO NORTE
-26,4797	-51,4281	2651026	IRATIM	-27,3453	-50,4358	2750012	PONTE DO RIO ANTINHAS
-26,4333	-51,5667	2651029	SÃO PEDRO - CODEGA	-27,3833	-51,2156	2751002	
-26,2667	-51,9000	2651031	UBALDINO TAQUES	-27,4500	-51,9167	2751005	
-26,3667	-51,8667	2651035	FAZENDA SANTA TEREZA	-27,9828	-51,7836	2751007	SANANDUVA
-26,9206	-51,9281	2651040	PONTE SERRADA	-27,6500	-51,7500	2751008	
-26,5561	-52,3308	2652000	ABELARDO LUZ	-27,3422	-51,6083	2751012	CAPINZAL
-26,9525	-51,9281	2652001	BONITO	-27,4647	-51,9031	2751018	
-26,5836	-52,6403	2652002	MARATA	-27,3144	-51,9933	2752005	
-26,0506	-52,8008	2652009	PONTE DO VITORINO	-27,8542	-52,3047	2752006	EREBANGO
-26,4833	-52,0000	2652010	PALMAS	-27,7833	-52,8000	2752012	
-26,3500	-52,5667	2652011	MARIÓPOLIS	-27,9333	-52,9167	2752013	
-26,2667	-52,8000	2652012	VITORINO - MOINHO CAÇADOR	-27,0903	-52,6353	2752016	
-26,2333	-52,6833	2652013	PATO BRANCO	-27,3889	-52,4544	2752017	ITATIBA DO SUL
-26,2781	-52,2961	2652015	SALTO CLAUDELINO	-27,5872	-52,0933	2752021	
-26,7361	-52,9003	2652021	JARDINÓPOLIS	-27,3500	-53,4000	2753002	
-26,1167	-52,4333	2652022	HONÓRIO SERPA	-27,8117	-53,0278	2753004	LINHA CESCÔN
-26,3833	-52,0000	2652023	USINA CHOPIM	-27,0644	-53,1569	2753006	PALMITOS
-26,3167	-52,7167	2652025	SÃO CARVAJO	-27,8500	-53,7667	2753007	

LAT	LON	CODIGO	estação	LAT	LON	CODIGO	estação
-27,6539	-54,4422	2754009	TUCUNDUVA	-29,3350	-51,1903	2951022	NOVA PALMIRA
-27,9681	-54,1164	2754010	ESQUINA ARAUJO	-29,8117	-51,3869	2951024	PORTO GARIBALDI
-27,8544	-55,0236	2755001	PORTO LUCENA	-29,3664	-51,3711	2951027	SÃO VENDELINO
-28,2611	-49,0122	2848000	ARMAZEM CAPIVARI	-29,8200	-51,1611	2951028	SAPUCAIA DO SUL
-28,1047	-48,9186	2848006	VARGEM DO CEDRO	-29,7128	-52,8900	2952003	BOTUCARAÍ
-28,2811	-48,7022	2848007	IMBITUBA	-29,0667	-53,2000	2953006	
-28,4194	-49,1067	2849000	RIO DO POUSO	-29,6244	-53,3519	2953008	DONA FRANCISCA
-28,3589	-49,2950	2849001	ORLEANS - MONTANTE	-29,1167	-53,3500	2953022	
-28,3258	-49,1792	2849002	SÃO LUDGERO	-29,0856	-53,8192	2953030	TUPANCIRETA
-28,9583	-49,6014	2849004	TAQUARUÇU	-29,8786	-54,8253	2954001	CACEQUI
-28,8322	-49,6367	2849005	MELEIRO	-29,3661	-54,7356	2954004	ERNESTO ALVES
-28,2094	-49,1950	2849008	RIO PEQUENO	-29,3589	-54,5019	2954005	FURNAS DO SEGREDO
-28,2744	-49,9306	2849014		-29,4903	-54,6889	2954007	JAGUARI
-28,8350	-49,8378	2849019	TIMBÉ DO SUL	-29,8514	-54,0669	2954019	QUEVEDOS
-28,6067	-49,0331	2849020	JAGUARUNA	-29,1867	-54,8558	2954020	SANTIAGO
-27,9886	-49,5775	2849021	URUBICI	-29,6533	-54,4314	2954032	
-28,7217	-49,3033	2849022	IÇARA	-29,7833	-55,7667	2955001	
-28,3692	-49,8078	2849023	DESPIRAIDO	-29,1961	-55,4753	2955002	CACHOEIRA SANTA CECÍLIA
-28,8536	-49,5897	2849024	FOZ DO MANUEL ALVES	-29,4592	-55,2911	2955006	PONTE DO MIRACATU
-28,6686	-50,4419	2850001		-29,0475	-55,1511	2955007	UNISTALDA
-28,1522	-50,4408	2850004	COXILHA RICA	-29,5939	-55,4858	2955008	MANOEL VIANA
-28,8675	-50,4561	2850009	PASSO TAINHAS	-29,7844	-55,7739	2955013	
-28,7667	-50,9997	2850013		-29,1275	-56,5625	2956005	ITAQUI
-28,8533	-51,2844	2851003	ANTÔNIO PRADO	-29,3089	-56,0553	2956006	PASSO MARIANO PINTO
-28,2219	-51,5125	2851014		-29,7653	-56,5214	2956007	PLANO ALTO
-28,8775	-51,4483	2851021	PASSO DO PRATA	-29,4711	-56,6678	2956008	JOÃO ARREGUI
-28,6194	-51,8667	2851022	PASSO MIGLIAVACA	-29,6358	-56,0947	2956009	
-28,7561	-51,6283	2851024	PRATA	-29,7500	-57,0833	2957001	
-28,9997	-51,7000	2851037		-30,2514	-50,5058	3050002	PALMARES DO SUL
-28,0592	-51,1881	2851043	ESMERALDA	-30,5939	-51,7567	3051004	CERRO GRANDE
-28,2933	-52,7242	2852006	CARAZINHO	-30,0889	-51,6236	3051005	GUAÍBA COUNTRY CLUB
-28,1892	-52,7458	2852007	COLÔNIA XADREZ	-30,0536	-51,1733	3051011	PORTO ALEGRE
-28,0575	-51,9961	2852046	TAPEJARA	-30,7719	-51,6603	3051017	FAZENDA DA BOA VISTA
-28,2333	-53,7667	2853001		-30,2950	-51,3144	3051023	BARRA DO RIBEIRO
-28,4833	-53,4500	2853002		-30,5436	-52,5236	3052005	
-28,4561	-53,9717	2853003	CONCEIÇÃO	-30,9000	-52,4500	3052007	
-28,7289	-53,1853	2853014	SANTA CLARA DO INGAÍ	-30,8833	-52,2333	3052009	
-28,2256	-53,4703	2853023	CONDOR	-30,4189	-52,0736	3052011	QUITERIA
-28,0586	-53,0661	2853026	CHAPADA	-30,6253	-52,8400	3052012	SERRA DOS PEDROSAS
-28,6578	-53,6058	2853028	ANDERSON CLAYTON	-30,8000	-53,9000	3053007	
-28,1111	-53,9931	2854001	BOA VISTA	-30,9781	-54,6758	3054002	DOM PEDRITO
-28,1333	-54,7333	2854002		-30,2469	-54,9175	3054007	ROSÁRIO DO SUL
-28,0542	-54,3614	2854003	GIRUA	-30,5144	-54,7703	3054016	GRANJA UMBU
-28,7336	-54,6478	2854005	PASSO MAJOR ZEFERINO	-30,6956	-55,9744	3055003	FAZENDA ENCERRA
-28,2111	-54,6031	2854006	PASSO VIOLA	-30,0294	-55,0936	3055004	SAICA
-28,4000	-54,9667	2854011		-30,5164	-55,1267	3055005	SANTA RITA
-28,7878	-54,4525	2854012	COIMBRA	-30,0189	-56,8214	3056004	FAZENDA JUNCO
-28,1878	-55,6369	2855001	GARRUCHOS	-30,0686	-56,1703	3056006	HARMONIA
-28,2089	-55,3233	2855002	PASSO DO SARMENTO	-30,2133	-57,5533	3057002	BARRA DO QUARAI
-28,6781	-55,5811	2855004	PASSO DO NOVO	-31,1303	-51,7886	3151002	PACHECA
-28,9897	-55,6742	2855005	FAZENDA SANTA CECÍLIA DO BUTUI	-31,3675	-51,9867	3151003	SÃO LOURENÇO DO SUL
-28,4925	-55,2308	2855007		-31,2839	-52,0831	3152002	BOQUEIRÃO
-29,1958	-49,9633	2949001	PRAIA GRANDE	-31,4044	-52,6733	3152003	CANGUÇU
-29,0458	-49,6067	2949003	SOMBRIO	-31,6694	-52,7728	3152005	VILA FREIRE
-29,0500	-50,1500	2950007		-31,6728	-52,1778	3152008	GRANJA SÃO PEDRO
-29,1000	-50,1667	2950008		-31,0003	-52,0497	3152011	PASSO DO MENDONÇA
-29,3667	-50,8000	2950009		-31,5739	-52,4631	3152016	PONTE CORDEIRO DE FARIAS
-29,2667	-50,4833	2950011		-31,2167	-53,8500	3153003	
-29,4167	-50,9000	2950026		-31,7375	-53,0539	3153004	FERRARIA
-29,0667	-50,9667	2950033		-31,7333	-53,5881	3153007	PEDRAS ALTAS
-29,5911	-50,0336	2950038	TERRA DE AREIA	-31,5775	-53,3769	3153008	PINHEIRO MACHADO
-29,3167	-50,4167	2950041		-31,0283	-54,1789	3154003	TORQUATO SEVERO
-29,2378	-51,8594	2951010	ENCANTADO	-31,2753	-55,0372	3155001	TRÊS VENDAS

LAT	LON	CODIGO	estação	LAT	LON	CODIGO	estação
-27,6539	-54,4422	2754009	TUCUNDUVA	-29,3664	-51,3711	2951027	SÃO VENDELINO
-27,9681	-54,1164	2754010	ESQUINA ARAUJO	-29,8200	-51,1611	2951028	SAPUCAIA DO SUL
-27,8544	-55,0236	2755001	PORTO LUCENA	-29,7128	-52,8900	2952003	BOTUCARAÍ
-28,2611	-49,0122	2848000	ARMAZEM CAPIVARI	-29,0667	-53,2000	2953006	
-28,1047	-48,9186	2848006	VARGEM DO CEDRO	-29,6244	-53,3519	2953008	DONA FRANCISCA
-28,2811	-48,7022	2848007	IMBITUBA	-29,1167	-53,3500	2953022	
-28,4194	-49,1067	2849000	RIO DO POUSO	-29,0856	-53,8192	2953030	TUPANCIRETA
-28,3589	-49,2950	2849001	ORLEANS - MONTANTE	-29,8786	-54,8253	2954001	CACEQUI
-28,3258	-49,1792	2849002	SÃO LUDGERO	-29,3661	-54,7356	2954004	ERNESTO ALVES
-28,9583	-49,6014	2849004	TAQUARUÇU	-29,3589	-54,5019	2954005	FURNAS DO SEGREDO
-28,8322	-49,6367	2849005	MELEIRO	-29,4903	-54,6889	2954007	JAGUARI
-28,2094	-49,1950	2849008	RIO PEQUENO	-29,8514	-54,0669	2954019	QUEVEDOS
-28,2744	-49,9306	2849014		-29,1867	-54,8558	2954020	SANTIAGO
-28,8350	-49,8378	2849019	TIMBÉ DO SUL	-29,6533	-54,4314	2954032	
-28,6067	-49,0331	2849020	JAGUARUNA	-29,7833	-55,7667	2955001	
-27,9886	-49,5775	2849021	URUBICI	-29,1961	-55,4753	2955002	CACHOEIRA SANTA CECÍLIA
-28,7217	-49,3033	2849022	ICARA	-29,4592	-55,2911	2955006	PONTE DO MIRACATU
-28,3692	-49,8078	2849023	DESPIRAIDO	-29,0475	-55,1511	2955007	UNISTALDA
-28,8536	-49,5897	2849024	FOZ DO MANUEL ALVES	-29,5939	-55,4858	2955008	MANOEL VIANA
-28,6686	-50,4419	2850001		-29,7844	-55,7739	2955013	
-28,1522	-50,4408	2850004	COXILHA RICA	-29,1275	-56,5625	2956005	ITAQUI
-28,8675	-50,4561	2850009	PASSO TAINHAS	-29,3089	-56,0553	2956006	PASSO MARIANO PINTO
-28,7667	-50,9997	2850013		-29,7653	-56,5214	2956007	PLANO ALTO
-28,8533	-51,2844	2851003	ANTÔNIO PRADO	-29,4711	-56,6678	2956008	JOÃO ARREGUI
-28,2219	-51,5125	2851014		-29,6358	-56,0947	2956009	
-28,8775	-51,4483	2851021	PASSO DO PRATA	-29,7500	-57,0833	2957001	
-28,6194	-51,8667	2851022	PASSO MIGLIAVACA	-30,2514	-50,5058	3050002	PALMARES DO SUL
-28,7561	-51,6283	2851024	PRATA	-30,5939	-51,7567	3051004	CERRO GRANDE
-28,9997	-51,7000	2851037		-30,0889	-51,6236	3051005	GUAÍBA COUNTRY CLUB
-28,0592	-51,1881	2851043	ESMERALDA	-30,0536	-51,1733	3051011	PORTO ALEGRE
-28,2933	-52,7242	2852006	CARAZINHO	-30,7719	-51,6603	3051017	FAZENDA DA BOA VISTA
-28,1892	-52,7458	2852007	COLÔNIA XADREZ	-30,2950	-51,3144	3051023	BARRA DO RIBEIRO
-28,0575	-51,9961	2852046	TAPEJARA	-30,5436	-52,5236	3052005	
-28,2333	-53,7667	2853001		-30,9000	-52,4500	3052007	
-28,4833	-53,4500	2853002		-30,8833	-52,2333	3052009	
-28,4561	-53,9717	2853003	CONCEIÇÃO	-30,4189	-52,0736	3052011	QUITERIA
-28,7289	-53,1853	2853014	SANTA CLARA DO INGAÍ	-30,6253	-52,8400	3052012	SERRA DOS PEDROSAS
-28,2256	-53,4703	2853023	CONDOR	-30,8000	-53,9000	3053007	
-28,0586	-53,0661	2853026	CHAPADA	-30,9781	-54,6758	3054002	DOM PEDRITO
-28,6578	-53,6058	2853028	ANDERSON CLAYTON	-30,2469	-54,9175	3054007	ROSÁRIO DO SUL
-28,1111	-53,9931	2854001	BOA VISTA	-30,5144	-54,7703	3054016	GRANJA UMBU
-28,1333	-54,7333	2854002		-30,6956	-55,9744	3055003	FAZENDA ENCERRA
-28,0542	-54,3614	2854003	GIRUA	-30,0294	-55,0936	3055004	SAICA
-28,7336	-54,6478	2854005	PASSO MAJOR ZEFERINO	-30,5164	-55,1267	3055005	SANTA RITA
-28,2111	-54,6031	2854006	PASSO VIOLA	-30,0189	-56,8214	3056004	FAZENDA JUNCO
-28,4000	-54,9667	2854011		-30,0686	-56,1703	3056006	HARMONIA
-28,7878	-54,4525	2854012	COIMBRA	-30,2133	-57,5533	3057002	BARRA DO QUARAÍ
-28,1878	-55,6369	2855001	GARRUCHOS	-31,1303	-51,7886	3151002	PACHECA
-28,2089	-55,3233	2855002	PASSO DO SARMENTO	-31,3675	-51,9867	3151003	SÃO LOURENÇO DO SUL
-28,6781	-55,5811	2855004	PASSO DO NOVO	-31,2839	-52,0831	3152002	BOQUEIRÃO
-28,9897	-55,6742	2855005	FAZENDA SANTA CECÍLIA DO BUTUI	-31,4044	-52,6733	3152003	CANGUÇU
-28,4925	-55,2308	2855007		-31,6694	-52,7728	3152005	VILA FREIRE
-29,1958	-49,9633	2949001	PRAIA GRANDE	-31,6728	-52,1778	3152008	GRANJA SÃO PEDRO
-29,0458	-49,6067	2949003	SOMBRIO	-31,0003	-52,0497	3152011	PASSO DO MENDONÇA
-29,0500	-50,1500	2950007		-31,5739	-52,4631	3152016	PONTE CORDEIRO DE FARIAS
-29,1000	-50,1667	2950008		-31,2167	-53,8500	3153003	
-29,3667	-50,8000	2950009		-31,7375	-53,0539	3153004	FERRARIA
-29,2667	-50,4833	2950011		-31,7333	-53,5881	3153007	PEDRAS ALTAS
-29,4167	-50,9000	2950026		-31,5775	-53,3769	3153008	PINHEIRO MACHADO
-29,0667	-50,9667	2950033		-31,0283	-54,1789	3154003	TORQUATO SEVERO
-29,5911	-50,0336	2950038	TERRA DE AREIA	-31,2753	-55,0372	3155001	TRÊS VENDAS
-29,3167	-50,4167	2950041		-32,0061	-52,6528	3252005	GRANJA CORONEL PEDRO OSÓRIO
-29,2378	-51,8594	2951010	ENCANTADO	-32,3494	-52,5397	3252006	GRANJA CERRITO
-29,3350	-51,1903	2951022	NOVA PALMIRA	-32,2372	-53,0897	3253001	ARROIO GRANDE
-29,8117	-51,3869	2951024	PORTO GARIBALDI	-32,9539	-53,1189	3253003	GRANJA OSÓRIO
				-32,0286	-53,3978	3253004	HERVAL





